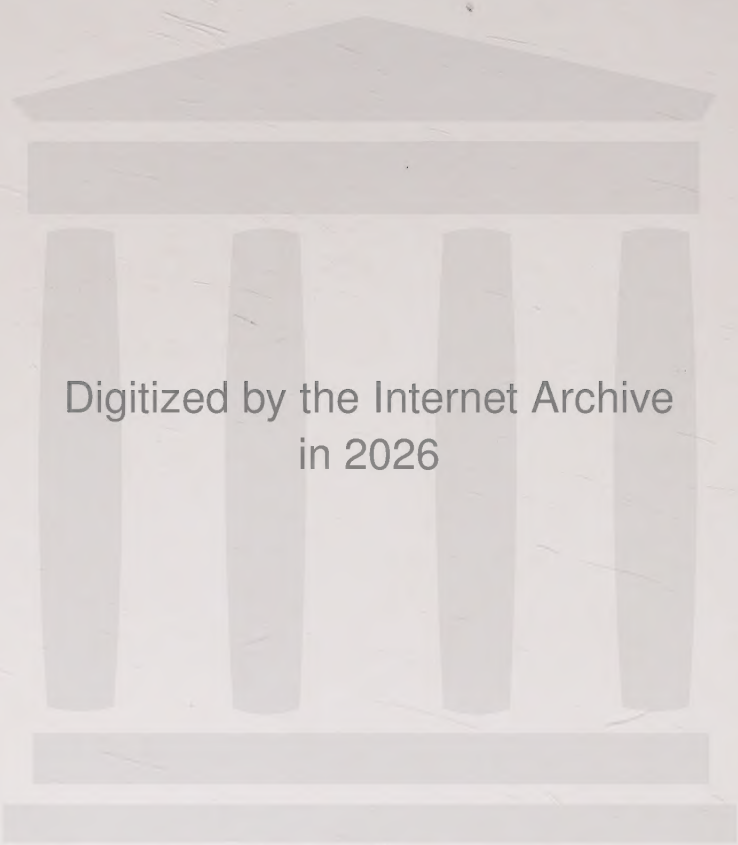
Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN VON ZAHNOBERFLÄCHEN NACH KARIES- UND PARODONTALPROPHYLAKTISCHEN MASSNAHMEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Karl Johann Nowy
aus
Augsburg

1980


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548919_0026

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN VON ZAHNOBERFLÄCHEN NACH KARIES- UND PARODONTALPROPHYLAKTISCHEN MASSNAHMEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Karl Johann Nowy
aus
Augsburg

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. H. Heimann
Berichterstatter: Professor Dr. R. Mayer

Fotodruck H. Resch · Georgstraße 50 · 7402 Kirchentellinsfurt

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Problemstellung 1

2. Literaturübersicht 3

3. Material und Methode 9

4. Vorversuche 14

5. Ergebnisse 16

5.1. Ausgangsbefunde 16

5.2. Handinstrumentelle Zahnreinigung 17

5.3. Zahnreinigung mit dem Ultraschallgerät Sonus II 20

5.4. Faktoren, die eine mechanische Entfernung von Auflagerungen auf der Zahnoberfläche beeinflussen 22

5.5. Probleme der Restauflagerungen nach handinstrumenteller und Ultraschall-Zahnreinigung 25

Abbildungen 28

6. Diskussion der Ergebnisse 116

7. Zusammenfassung 126

Literaturverzeichnis 128

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Ansammlung von bakterieller Plaque auf der Zahnoberfläche gilt heute allgemein als Ausgangspunkt für die Entstehung von Karies und Parodontopathien. Dies deshalb, da sich in ihnen Stoffwechselvorgänge abspielen, die einerseits zur initialen Kariesläsion und andererseits zur Entzündungsreaktion der umgebenden Weichteile führen.
Bleiben diese Plaqueakkumulationen längere Zeit bestehen, treten Veränderungen der mikrobiellen Besiedelung und Mineralisationsvorgänge auf.
MÜHLEMANN (1970) sieht darin einen natürlichen Abwehrmechanismus, der die bakteriellen Reize eliminieren soll. Aus der Sicht der Parodontologen gelingt dies jedoch nur sehr unvollständig, da sich im Grunde genommen nur "die Morphologie der harten Unterlage, auf welcher die nicht mineralisierte, vitale Plaque ruht" (MÜHLEMANN 1970), verändert. Darüberhinaus wird der Plaqueausdehnung Vorschub geleistet, denn sie wird "in Zervikalabschnitte getragen und vorgeschoben, wo sie ohne Mineralisationsgerüst nicht hingelangen könnte" (MÜHLEMANN 1970) und eine mechanische Irritation des marginalen Gewebes hervorgerufen.

Im Verlauf einer chronischen gingivalen Entzündung bilden sich in den Zahnfleischtaschen subgingivale Konkremente, die ihrerseits wieder, immer von stoffwechselaktiver Plaque bedeckt, eine Entzündung unterhalten (RIETHE 1969).

Ziel der Prophylaxe und Therapie von Parodontopathien muß die restlose Entfernung aller weichen und harten Zahnbeläge sein, um den circulus vitiosus zu unterbrechen. Dabei gehört es zur Aufgabe des Zahnarztes, die Zahnoberfläche so zu glätten, daß durch die tägliche Mundhygiene des Patienten bereits ange-

lagerte Plaque wieder beseitigt werden kann und eine Neuanlagerung möglichst erschwert wird.

In der vorliegenden Arbeit sollen Zahnoberflächen nach Entfernung von supra- und subgingivalen Auflagerungen mit Hand- oder Ultraschallinstrumenten rasterelektronenmikroskopisch dargestellt und in Bezug auf Läsionen der Zahnhartsubstanzen sowie Restauflagerungen untersucht werden.

2. LITERATURÜBERSICHT

Zur Entfernung von Zahnstein und subgingivalen Konkrementen werden Hand- und maschinengetriebene Instrumente verwendet. Bei letzteren unterscheidet man vibrierende (hauptsächlich Ultraschallgeräte) und rotierende Instrumente (z.B. Roto-Pro, Finierer etc.).

Nach EWEN (1969) werden am häufigsten Handinstrumente, gefolgt von Ultraschallinstrumenten, verwendet; am seltensten finden die sogenannten rotierenden Instrumente Anwendung.

BELTING et al. (1964), SCHULTZE-GLÄSNER (1968), STEWART et al. (1971), DIEDRICH et al. (1975) und MAYER et al. (1978) raten von der Verwendung rotierender Instrumente ab, da sie übereinstimmend in ihren Untersuchungen hohe Substanzverluste festgestellt haben.

Die Oberflächenbeschaffenheit der Zahnhartsubstanzen nach Entfernung von Zahnstein und subgingivalen Konkrementen mit Hand- oder Ultraschallinstrumenten wurde in der Literatur häufig verglichen. Unter Berücksichtigung der Rauhigkeit der Oberfläche, der Zahnhartsubstanzläsionen und der zurückbelassenen Auflagerungen liegen unterschiedliche Angaben vor.

KRÖNCKE (1964) vergleicht die Wirkung verschiedener Instrumente in Bezug auf die Glättung der Wurzeloberfläche. Profilographisch und mit Hilfe der Replica-Technik findet er die Forderung nach optimaler Glättung am ehesten von Mc-Call-Küretten und Cavitron erfüllt.

BELTING und SPJUT (1964) reinigten die labiale, subgingivale Fläche von Zähnen vor der Extraktion 30 oder 60 Sekunden lang. Sie verwendeten eine scharfe Handkürette (mit "ausreichendem" Druck) und einen Ultraschallmeißel (mit "federleichtem" Druck). Hierbei stellten sie lichtmikroskopisch nach Ultraschallreinigung stärkere Oberflächenveränderungen als bei Handküretten fest.
Diese Ergebnisse werden auch durch die Serienschnitte, die deutlich weniger Substanzverlust bei Handinstrumenten ergaben, bestätigt.

KERRY (1967) reinigte so lange, bis die Wurzeloberfläche nach Prüfung mit einer scharfen Sonde glatt erschien. Profilographisch zeigten sich bei Handinstrumenten signifikant geringere Rauhigkeitswerte als bei Ultraschallinstrumenten.

Im Gegensatz dazu fand MOSKOW et al. (1969) an histologischen Schnittpräparaten verstärkt Kratzspuren im Zement, wenn sie von Handinstrumenten bearbeitet waren. Aus seinen Untersuchungen folgert er, daß mit Ultraschallgeräten eine effektivere Wurzelglättung zu erzielen ist.

MAYER et al. (1978) weisen in einer rasterelektronenmikroskopischen Studie darauf hin, daß alle Maßnahmen zur Zahnsteinentfernung mit geringstmöglichen Kräften durchgeführt werden sollen, da sich das Ausmaß der Läsionen proportional zu den Anpreßkräften verhält.

PAMEIJER et al. (1972) reinigten einen Teil ihres Materials mit Hand-, den anderen Teil mit Ultraschallinstrumenten. Dabei konnten sie rasterelektronenmikroskopisch bei keiner Gruppe Veränderungen im Schmelz

feststellen. Die Wurzeloberfläche erschien nach Ultraschallanwendung fast unverändert sauber, während durch Handinstrumente Substanz abgetragen und die Oberfläche geglättet wurde.

JONES et al. (1972) kommen zu dem Ergebnis, daß mit jeder Zahnreinigung die Oberfläche lädiert werden kann.

SPRANGER (1968) berichtet von Oberflächenschäden nach Bearbeitung mit Ultraschall in Abhängigkeit von der Stärke des angewandten Drucks; bis zu einem Druck von 100 Gramm stellt er keine Veränderungen fest, sofern nicht bereits vorher pathologische Schäden vorgelegen haben.

Nach DIEDRICH et al. (1975) rufen ultraschallaktivierte Arbeitsspitzen bei richtiger Handhabung die geringsten Wurzeloberflächenveränderungen hervor (rasterelektronenmikroskopische und profilometrische Untersuchungen).

DIEDRICH et al. (1975) und MAYER et al. (1978) stellen bei falscher Instrumentenführung (Nichtbeachtung der Schwingungsform der Ultraschallspitze) erhebliche Oberflächenschäden fest.
Darüberhinaus fanden sie eine Abhängigkeit zwischen dem Ausmaß der Läsionen und der Größe der Anpreßkraft.

EWEN et al. (1977) fanden signifikante Unterschiede beim Gebrauch von scharfen bzw. stumpfen Instrumenten: scharfe Instrumente erzeugen stärkere Veränderungen als stumpfe.

GREEN (1968) vergleicht die Wirkung von scharfen und stumpfen Küretten und kommt zu dem Ergebnis, daß mit beiden gleich glatte Oberflächen erzielt werden können.

Aus den Untersuchungen EWENS et al. (1977) geht weiter hervor, je höher die Anzahl der Arbeitsbewegungen ist, desto größere oberflächliche Läsionen sind zu erwarten.

HÜTTEMANN (1976) und SPRANGER (1968) finden übereinstimmend stärkere Läsionen an bereits vorgeschädigtem Schmelz (Schmelzrisse, partielle Entkalkung, Mineralisationsstörungen, Kavitätenränder) nach Ultraschallbehandlung.
Beide Autoren stellen zwar eine Abnahme der Schmelzhärte nach Beschallung fest, deuten dies jedoch unterschiedlich: SPRANGER sieht darin Schwankungen, die im Bereich normaler Strukturfehler liegen, während HÜTTEMANN eine Änderung des Schmelzgefüges annimmt. In seinen Untersuchungen kann HÜTTEMANN auch zeigen, daß bei Verwendung unterschiedlicher Ultraschallgeräte verschiedene Rauhtiefen hinterlassen werden.

Die Anwendung ultraschallbetriebener Instrumente in der Parodontaltherapie nahm, nachdem sie ZINNER (1955) erstmals beschrieb, einen großen Aufschwung.

SPRANGER (1968), DONZÉ et al. (1973), KETTERL (1972) und SUPPIPAT (1974) stellen übereinstimmend folgende Vorteile gegenüber der Verwendung von Handinstrumenten fest:

1. Kürzere Behandlungszeit
2. Die meisten Patienten empfinden Ultraschallbehandlung angenehmer

3. Weniger schnelle Ermüdung für Behandler und Patient
4. Geringere Blutungsneigung, dadurch bessere Sicht (indirekte Sicht durch Spray jedoch behindert)
5. Kein Unterschied der Entzündungsreduktion nach Zahnsteinentfernung.

In Zusammenarbeit mit EISELE hat KETTERL (1972) darüberhinaus eine geringere Belagsbildung an Schneide- und Eckzähnen gefunden, die mittels Ultraschall gereinigt waren.

Nachteile:

1. Unangenehme bis schmerzhafte Empfindungen während und nach der Ultraschall-Zahnreinigung (SPRANGER 1968)
2. Reduziertes Tastempfinden des Behandlers (SPRANGER 1968)
3. Zusätzliche Anwendung eines zierlichen Handinstrumentes an besonders engen Stellen notwendig (Bedienungsanleitung zu Sonus II)
4. Gefahr der Verbreitung pathogener Mikroorganismen durch den Spraynebel (SPRANGER 1976).

Aus der unterschiedlichen Befestigung des Zahnsteins bzw. der Konkremente an den Zahnhartsubstanzen geht eine verschieden starke Haftung hervor.

HEPBURN (1963) beschreibt eine höhere Haftintensität der subgingivalen Konkremente gegenüber dem Zahnstein.

RIETHE (1969) unterscheidet vier Befestigungsarten der subgingivalen Ablagerung:

1. Befestigung an der sekundären Cutikula und/oder der freigelegten Zementoberfläche.

2. Befestigung an den mikroskopischen Unregelmäßigkeiten des Zements
3. Befestigung durch Eindringen der Zahnsteinmatrix in den Zement
4. Befestigung im Bereich von Zementresorptionen.

In einer elektronenmikroskopischen Studie bestätigt SELVIG (1970) diese Befestigungsmöglichkeiten und weist eindrucksvoll auf die innige Verbindung von Zahnstein und darunterliegender Hartsubstanz. Darüberhinaus gibt er zwei Möglichkeiten der Befestigung von Zahnstein am Schmelz an:

1. dichtes Anlagern ohne Eindringen von Kristallen
2. dichtes Anlagern mit Eindringen von kleinen Kristallen zwischen die Schmelzkristalle.

3. MATERIAL UND METHODE

Von insgesamt 41 Zähnen, die aus parodontalen oder prothetischen Gründen entfernt werden mußten und auf denen Zahnstein und/oder Konkremente hafteten, wurden 68 Flächen untersucht.
An 4 Zähnen wurden noch vor der Extraktion Zahnstein und Konkremente entfernt, während die restlichen 37 Zähne möglichst schonend extrahiert und unter fließendem Wasser mit einem weichen Bürstchen gereinigt wurden. Bis zur weiteren Verarbeitung wurden sie kurzfristig in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt.
Um etwaige Besonderheiten (Kreidefleck, Einwirkungen von Extraktionsinstrumenten usw.) und die flächenhafte Ausdehnung der Auflagerungen vor der Bearbeitung festzuhalten, wurden Protokollskizzen und/oder Fotografien angefertigt.

Zur Entfernung des Zahnsteins und der Konkremente haben wir die nach einer Umfrage in der zahnärztlichen Praxis am häufigsten verwendeten Instrumententypen benützt:

(1) Handinstrumente: aus dem ASH-Instrumentensatz die sichelförmigen Scaler H 6 bzw. H 7 , sowie den Interdentalmeißel H 4 .

(2) Ultraschallinstrumente: das von der Firma LITTON vertriebene Gerät SONUS II mit dem meißelförmigen Instrumenteneinsatz Nr. 4 (dieser eignet sich laut Gebrauchsanweisung universell zur Abtragung von Zahnstein und subgingivalen Konkrementen). Bei diesem Ultraschallgerät handelt es sich um einen magnetostriktiven Lamellenschwinger, der Ultraschallwellen mit einer Frequenz von 18 kHz $\pm$ 0,5 kHz erzeugt.

Die Abstimmung mit dem Instrumenteneinsatz erfolgt automatisch.
Je nach Intensitätseinstellung schwankt die maximale Schwingungsamplitude zwischen 15 µm und 100 µm. Wir haben bei mittlerer Leistungsstellung (Stufe 5) gearbeitet.
Die Kühlung des Instrumenteneinsatzes erfolgt durch interne Wasserzufuhr.

Nach der Bedienungsanleitung des Herstellers soll die Instrumentenführung "leicht, sanft und zügig in ihrer Vor- und Rückwärtsbewegung" sein, weiterhin wird "vertikales Ansetzen der Instrumentenspitze mit Parallelführung zum Zahn" empfohlen, wobei niemals die Kanten zur Wirkung kommen sollen (an besonders engen Stellen wird die Verwendung eines schmalen Handinstrumentes vorgeschlagen).

Das Ziel der Bearbeitung war, sämtliche Auflagerungen, soweit sie sichtbar oder mit einer feinen Sondenspitze zu tasten waren, restlos zu entfernen. Dabei wurden die Instrumente nach den Forderungen von MAYER et al. (1978) eingesetzt:

(1) geringstmögliche Anpreßkraft (Scaler ca. 250 p, Interdentalmeißel ca. 300 p, Ultraschallspitze ca. 30 p)

(2) Führung der Instrumente in einem möglichst flachen Winkel zur Zahnfläche.

Auf eine zeitliche Limitierung haben wir verzichtet, um die klinische Forderung nach Entfernung sämtlicher Auflagerungen zu erfüllen, ohne die obengenannten Empfehlungen außer acht zu lassen.

Die verschiedenen Zahnflächen wurden innerhalb eines Zeitraumes von 15 - 180 Sekunden bearbeitet.

In einem Arbeitsblatt (siehe Tabelle auf Seite 12) wurden Art und Dauer der Behandlungsmaßnahmen sowie eventuelle Besonderheiten eingetragen.

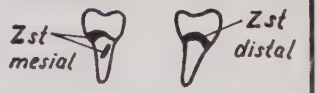
Im Anschluß an die jeweilige Bearbeitung eines Zahnes führten wir Markierungsbohrungen als Orientierungshilfe für die spätere Auswertung und Reproduzierbarkeit durch.
Um möglichst viele bearbeitete Flächen bewerten zu können, teilten wir die Zähne unter ständiger Wasserkühlung mittels einer Trennscheibe in orofacialer Richtung. Damit konnten wir schädigende Einflüsse, die vom Extraktionsvorgang mit der Zange herrühren, weitgehend ausschließen.
Abschließend wurden die Zahnhälften sorgfältig mit Wasserspray gereinigt, luftgetrocknet und auf einen Träger aufgeklebt.

Für die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen stand ein CAMBRIDGE STEREOSCAN MARK 2 A zur Verfügung. Dieses Gerät arbeitet mit einem Vakuum von 10^{-4} Torr. Die Primärelektronen werden mit einer Spannung von 10 kV beschleunigt und bilden den Elektronenstrahl, der die Objekte Punkt für Punkt abtastet. Der Vergrößerungsmaßstab kann beliebig verändert werden.

Damit ein rasterelektronenmikroskopisches Bild zustande kommen kann, muß die Objektoberfläche mit einer zusammenhängenden, leitfähigen Schicht bedeckt sein (OHNESORGE et al. 1978). Aus diesem Grunde wurden die Zähne mit einer ca. 50 nm dicken Goldschicht bedampft.
Diese Methode der Oberflächenuntersuchung gewährleistet aufgrund ihrer hohen Schärfentiefe eine sehr gute und direkte Beurteilung der gesamten Zahnoberfläche.

ZAHN	47	Bel. Zst. Kon.	TT	LoG	
		Zst. an Sch/Zem	4 m 5 d	II	

EXTR.	Datum	Bemerkungen:
	05.11.79	leichte und schonende Extrakt.

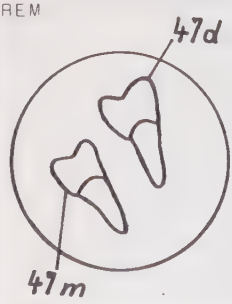


REINIG.	Datum	Bemerkungen:
	05.11.79	harter, schwer zu entfernender Zahnstein

Reinigungsart:	Instr.	extra oral	intra oral	m	d	fac	oral	occl	Sch	Zem
Sonus II										
Ash-Instr.										
Meißel										
Haken										
Scaler H6/H7		X		X	X				X	X
.					mit Sonde rauhe Oberfl.					
Politur					getastet					
Zirkate					X					
Highpolish										
Superpolish										
Bimsmehl										
.										
Leinenstreifen										
Stahlcarbo-Str.										
Tompkinsfeilen										
.										
Applikations-mittel										
Neos-Pol.B.Nat.										
Neos-Pol.B.Nyl.						20sec	xxx			
Gum.-Pol.-Kelch					X					
.										

AUFBEWAHRUNG	Art und Zeit:	physiol. Kochsalzl. am 5.11.79

REM



Datum:	12.11.79
Träger-Nr.:	10
Aufnahme-Nr.:	74544
.....	

xxx glatte, glänzende Oberfläche im Schmelz;
matte, saubere Oberfläche im Zement;
mit Sonde Vertiefung tastbar

Wir hielten interessante und markante Ausschnitte in

1. Übersichtsaufnahmen (16- bis 20-fach) und
2. Detailaufnahmen (200- bis 5000-fach)

mit einer Kleinbildkamera fest.
Dazu verwendeten wir einen Ilford FP 4-Film und fertigten Papierabzüge an, um später die Zahnoberflächen mit den Bearbeitungsspuren bewerten und vergleichen zu können.

An dieser Stelle möchten wir dem Leiter des Institutes für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen, Herrn Professor Dr. Seilacher, ebenso Herrn Priv. Doz. Ch. Hemleben und ganz besonders Herrn H. Hüttemann für die freundliche, hilfsbereite und fachkompetente Unterstützung am Rasterelektronenmikroskop danken.

In Anlehnung an MEYER und LIE (1977) arbeiteten wir folgende Bewertungsrichtlinien aus:

1. Oberflächenläsionen:
   (1) keine sichtbaren
   (2) geringfügig lokal oder flächig
   (3) deutlich - jedoch ohne tiefe Instrumentenspuren
   (4) beträchtlich

2. Pestauflagerungen:
   (1) keine
   (2) geringfügig
   (3) deutlich
   (4) beträchtlich

3. Oberflächeneindruck:
   (1) glatt, eben
   (2) schwach wellig
   (3) Schollenbildung
   (4) unregelmäßig

Mit Hilfe dieser Methode wurden 530 Bilder ausgewertet.

4. VORVERSUCHE

Um exakte Angaben über das Ausmaß und die Lokalisation von Bearbeitungsspuren machen zu können, wollten wir die Zähne vor und im Anschluß an eine Bearbeitung rasterelektronenmikroskopisch darstellen.

Wie oben erwähnt, müssen die Objekte bei der Rasterelektronenmikroskopie einem Vakuum ausgesetzt werden. Dabei findet eine Dehydratation statt, die zu einer charakteristischen Rißbildung im Wurzelzement und in massiven Zahnsteinansammlungen führt. Wir haben versucht herauszufinden, ob und wie weit die Verbindungen der Auflagerungen mit der Zahnoberfläche dadurch beeinflußt werden.

Ohne vorherige Zahnsteinentfernung halbierten wir zwei Zähne in orofacialer Richtung. Je eine Hälfte wurde dann im Rasterelektronenmikroskop ca. 3 Stunden dem Arbeitsvakuum ausgesetzt, während die anderen beiden Hälften luftgetrocknet aufbewahrt wurden.

Anschließend reinigten wir je zwei Hälften mit dem Scaler wechselseitig. Dabei konnten wir subjektiv einen Härteverlust an dem im Scan dehydrierten Zahn feststellen, wobei uns Zahnstein und auch Zahnhartsubstanz leichter entfernbar schienen als bei der Kontrollzahnhälfte.

Beim Versuch, den zweiten Zahn zu reinigen, löste sich nach dem Ansetzen des Instruments der Zahnstein zum Teil schollenartig von der Zahnoberfläche. Am Kontrollzahn waren dagegen große Anstrengungen notwendig, um die Auflagerungen zu beseitigen.

Damit schien uns erwiesen, daß die Lagerung im Vakuum des Scan zumindest die Zahnsteinhaftung

wesentlich beeinflußt. Aus diesem Grunde lassen sich mit oben beschriebener Methode Veränderungen der Zahnhartsubstanzen nach Bearbeitung mit Zahnsteinentfernungsinstrumenten optisch nicht direkt im Rasterelektronenmikroskop darstellen.

Andererseits traten die Kontaktstellen der Instrumente mit der Zahnoberfläche etwas dunkler hervor und konnten dadurch von den "unberührten" Bezirken unterschieden werden.
Dieser Kontrast dürfte auf eine oberflächliche Materialverdichtung durch die Einwirkung des Instruments und/oder das nochmalige Bedampfen zurückzuführen sein.

5. ERGEBNISSE

5.1. Ausgangsbefunde

Zu Kontrollzwecken fertigten wir exemplarisch folgende Aufnahmen von Zahnoberflächen vor der Bearbeitung mit Zahnreinigungsinstrumenten an. Weiterhin haben wir die Arbeitsenden von Reinigungs- und Kontrollinstrumenten dargestellt, um Aufschluß über deren Form und insbesondere über ihr Größenverhältnis zur Oberflächenstruktur der Zähne zu erhalten.

1. Unbearbeitete, intakte Zahnoberflächen
   (siehe Abb. 1 und 2)
2. Unbearbeitete Zahnoberflächen mit bereits bestehenden Oberflächenläsionen
   (siehe Abb. 3 und 4)
3. Arbeitsinstrumente:
   Scaler H 6: siehe Abb. 5 bis 7
   Sonus II/Instrumenteneinsatz Nr. 4: siehe Abb. 8
4. Kontrollinstrumente:
   Sondenspitze (einer klinisch als "spitz" zu bezeichnenden Sonde)
   (siehe Abb. 9 bis 11)

5.2. Handinstrumentelle Zahnreinigung

5.2.1. Schmelzbearbeitung

Die Perikymatien bestimmen im wesentlichen die Morphologie der intakten Schmelzoberfläche.

(1) Durch deren geringe Größe (nach KRÖNCKE 1966 beträgt der Abstand zwischen den Perikymatien 0,06 - 0,23 mm, die Tiefe 0,2 - 6 µm) und den wellenförmigen Verlauf erreichen die bearbeitenden Instrumente zunächst nur die erhabenen Oberflächen. Auf diese Weise können kleine, oberflächliche Läsionen entstehen (siehe Abb. 12 bis 16).

(2) Werden diese Bezirke weiter bearbeitet, vergrössern sich die Läsionen, da das Instrument an den Defekträndern neue Ansatzpunkte findet. Dadurch kann es zu großflächigen Abtragungen der obersten Schmelzschichten kommen (siehe Abb. 17, 22).

Auffallend ist die annähernd gleiche Tiefe dieser Läsionen. Dabei könnte an die Abtragung einer Deckschicht gedacht werden.
Ursachen hierfür können sein:

a) Eine veränderte Elementkonzentration der Oberfläche, z.B. fluoridreiche Deckschicht

b) Durch Demineralisation vorgeschädigte Oberfläche (wobei eine Remineralisation durch die Verkalkung der Plaque verhindert wird).

(3) Die Ränder von Läsionen werden häufig vom Verlauf der Perikymatien bestimmt:

a) Bei isolierten Schmelzläsionen verlaufen die Läsionsränder meist parallel zu den Perikymatien (siehe Abb. 13 bis 15, 17)

b) Treffen die Perikymatien in einem spitzen Winkel auf die Schmelz-Zement-Grenze, können stufenförmige Läsionen entstehen (siehe Abb. 18 bis 21)

c) Verlaufen die Perikymatien annähernd parallel zur Schmelz-Zement-Grenze, kann eine Schmelzschicht bis zur Vollständigkeit flächenhaft abgetragen werden (siehe Abb. 22, 23).

(4) An einigen Zähnen beobachteten wir eine Reihe von kleinen Schmelzsprüngen, die in der Richtung des Scalers verlaufen und deren Ränder geweitet schienen (siehe Abb. 20 und 21).

5.2.2. Zementbearbeitung

Die weichere Zementoberfläche wird von den Zahnreinigungsinstrumenten stärker als die des Schmelzes beeinflußt.

(1) Bei Anwendung von niederen Anpreßdrucken (nach MAYER et al. (1978) ca. 200 p) erzeugt die Arbeitskante des Scalers H 6 / H 7 eine sehr glatte Spur.
Diese Glättung wird durch Materialverschiebung einerseits und durch Abtragung andererseits erreicht (siehe Abb. 24 bis 27).

(2) Kleinere, tieferliegende Bezirke können nur dann vom Scaler erreicht werden, wenn die Umgebung auf dieses Niveau abgetragen wird (siehe Abb. 24)

(3) An der schmalen Arbeitskante treten hohe Druckeinwirkungen auf. Diese dürften zu der beobachteten Rißbildung quer zur Scalerspur, sowie zu

Materialverquetschungen (Schollenbildung) führen (siehe Abb. 28).

(4) In glatten, ebenen Oberflächen kommen oft kleine lokale Zementaussprengungen vor (siehe Abb. 27, 28).

(5) Vollständige Zementabtragungen bis ins Dentin sind möglich. Verquetschte Läsionsränder und Schollenbildungen deuten auf hohe Anpreßdrucke und intensive Bearbeitung hin (siehe Abb. 29 bis 31).

(6) Durch flächenhafte Zementabtragungen entstehen unregelmäßige, leicht wellige Oberflächen. Diese flachen Vertiefungen treten besonders an den Stellen auf, die zuvor mit Zahnstein bedeckt waren (siehe Abb. 29, 32 bis 36).

(7) Die Scalerspitze kann deutliche Riefen verursachen. Besonders gefährdet sind Wurzeleinziehungen und/ oder -teilungen, die von Auflagerungen bedeckt sind, da beim Versuch, diese zu entfernen, häufig die Scalerspitze eingesetzt wird (siehe Abb. 37, 38).

5.3. Zahnreinigung mit dem Ultraschallgerät Sonus II

Im Gegensatz zu den mit Handinstrumenten gereinigten Oberflächen erscheinen mit Ultraschall bearbeitete Zähne "sauberer" und weniger verschmiert. Alle losen Teile sind weggespült, die Prismendellen - soweit vorhanden - sichtbar, Mineralisationsgerüste der Auflagerungen sind ausgewaschen (siehe Abb. 47, 91, 92).

5.3.1. Schmelzbearbeitung

(1) Sehr häufig treten kleine hufeisenförmige Schmelzläsionen wie in Abb. 39 auf. Sie scheinen ihren Ausgang in einer Imbrikationslinie zu nehmen, um dann den Schmelzwulst einer Perikymatie abzusprengen. Dabei werden Schmelzprismendellen - die meist auch in den Imbrikationslinien vorhanden sind - sichtbar (siehe Abb. 40 bis 42, 47). Die Breite dieser Läsionen variiert (siehe Abb. 40, 42) und kann eine Anzahl von Perikymatien nacheinander betreffen (siehe Abb. 39, 40, 42). Die Tiefe bleibt annähernd gleich, dies ist jedoch allein mit den Bildern nicht zu belegen.

(2) Sind diese Läsionen über eine größere Fläche aneinandergereiht, so entstehen flächenhafte Defekte (siehe Abb. 43, 44, 45, 47).

(3) Innerhalb einer solchen flächigen Abtragung sind wieder hufeisenförmige Vertiefungen zu erkennen, während die Oberfläche - im Gegensatz zu einem Bruch - geglättet erscheint (siehe Abb. 43, 44, 46, 48, 52).

(4) Vertikal verlaufende Schmelzrisse scheinen erweitert, wobei in Abb. 49 eine fast symmetrische Anordnung um den Riß erfolgt.

(5) Die Schmelz-Zement-Grenze wurde teilweise völlig abgetragen, teilweise blieb ein schmaler Grat erhalten, und manchmal blieb sie nahezu unbeschädigt (siehe Abb. 49, 50, 51).

5.3.2. Zementbearbeitung

(1) Wie die Abb. 53 erkennen läßt, wurde die Wurzeloberfläche nur wenig verändert. In Vertiefungen blieben noch teilweise Restauflagerungen erhalten.

(2) Obwohl die Instrumentenspitze stumpf ist, erscheint die bearbeitete Wurzeloberfläche durch Materialverschiebung leicht geglättet (Bildung kleiner Schollen (siehe Abb. 54).

(3) Kleine lokale Aussprengungen, teilweise in Schichten, wurden innerhalb einer relativ glatten Zementoberfläche beobachtet (siehe Abb. 55, 56, 57).

(4) Ausgehend von diesen kleinen, begrenzten Läsionen verlaufen entsprechend der Arbeitsrichtung nach apikal flache Instrumentenspuren oder etwas tiefer reichende flächenhafte Abtragungen (siehe Abb. 60, 61, 62).

(5) Häufig konnte eine wenig veränderte, leicht gewellte Wurzeloberfläche festgestellt werden.

(6) Sowohl mit dem Scaler als auch mit dem Sonus II kann Dentin freigelegt werden (siehe Abb. 58).

(7) Bei intensiver Bearbeitung fallen neben kleinen lokalen Aussprengungen stufenförmige Abtragungen auf (siehe Abb. 57, 58).

(8) An der Schmelz-Zement-Grenze ist häufig deutlicher Zementverlust erkennen (siehe Abb. 62, 63, 64)

(9) Oft reichen Schmelzläsionen über die Schmelz-Zement-Grenze hinaus bis in den Zement und führen dort zu mehr oder weniger ausgedehnten flächigen Läsionen (siehe Abb. 62, 63, 64)

5.4. Faktoren, die eine mechanische Entfernung von Auflagerungen auf der Zahnoberfläche beeinflussen

5.4.1. Einfluß der unterschiedlichen Haftung

Aus den Abb. 65 und 66 geht die enge Verbindung von Auflagerung und Zahnoberfläche hervor. Bei der mechanischen Entfernung werden Auflagerungen durch die Instrumentenwirkung abgeschert und abgesprengt; dabei lösen sich die schwächsten Verbindungen entweder

- innerhalb des Zahnsteins (siehe Abb. 78, 91, 92)
- an der Grenzschicht Zahnstein/Zahnoberfläche
- innerhalb der Zahnhartsubstanzen (siehe Abb. 63).

Im ersten Fall bleiben Auflagerungen erhalten, da die Verbindung des Zahnsteins an der Zahnoberfläche stärker ist als die innerhalb der Zahnsteinschichten.

Im zweiten Fall löst sich die Verbindung zwischen Zahnstein und Zahn, die Oberfläche bleibt - soweit keine mechanischen Verletzungen durch die Instrumente auftreten - unbeschädigt.

Haftet die Auflagerung so intensiv durch Befestigung an Unregelmäßigkeiten bzw. durch Eindringen der Zahnsteinmatrix in die Oberfläche (RIETHE 1969, SELVIG 1970) oder war die oberflächliche Schmelzschicht bereits vorgeschädigt (partielle Entkalkung, Rißbildung, Auflockerung der Prismen, dünn auslaufende Schmelzränder), werden Zahnhartsubstanzteile ausgesprengt. Die verstärkte Läsionsbildung vorgeschädigter Oberflächen haben auch SPRANGER (1968) und HÜTTEMANN (1976) beschrieben.

Andererseits bieten die Defektränder bereits vorhandener Läsionen ebenso wie natürliche prominente Stellen der Zahnoberfläche (Schmelz-Zement-Grenze, Perikymatien, Unregelmäßigkeiten) meist gute Ansatzmöglichkeiten für die Instrumente. Dies kann bedeuten, daß bei Fehlinterpretation einer rauhen Stelle als Auflagerung, aber auch beim Versuch, an einer bestimmten Stelle einen Zahnsteinrest zu entfernen, andererorts gleichzeitig eine Defektvergrößerung durch die "Reinigung" eintritt.

5.4.2. Einfluß der unterschiedlichen Krümmungsradien

Sehr wichtig für die Entstehung von Läsionen bzw. das Zurücklassen von Auflagerungen erscheinen uns die unterschiedlichen Krümmungsradien von Zahn und Instrument. Sehr selten stimmen sie überein, viel häufiger kommen nur ganz kleine Flächen in Kontakt. Wirksam kann das Instrument nur an prominenten Oberflächen werden (siehe Abb. 67, 77, 78).

Infolge dieser äußerst kleinen Kontaktflächen treten sehr hohe Drucke auf. Bei einer angenommenen Breite der Arbeitskante von 50 µm und einer 2 mm langen Kontaktfläche entsteht bei einem Anpreßdruck von 100 p ein Druck von 100 at.

Verringern die natürlichen Unregelmäßigkeiten die Kontaktflächen nochmals, so steigt der Druck trotz gleichbleibender Anpreßkraft an (siehe Abb. 69, 70).

Die zweite Auswirkung der unterschiedlichen Krümmungsradien besteht darin, daß relativ tieferliegende Bereiche nicht erreicht werden können, ohne daß gleichzeitig umgebende Zahnhartsubstanzen abgetragen werden (siehe Abb. 67, 68).

5.4.3. Einfluß der Morphologie der Auflagerungen

Je größer die Ausdehnung einer Auflagerung, je flacher die Ränder und je fester sie auf der Oberfläche haften, desto länger und häufiger muß diese Fläche bearbeitet werden.
Im Vergleich zeigen vorher mit Auflagerungen bedeckte Bereiche größere Veränderungen hauptsächlich im Zement und an der Schmelz-Zement-Grenze (siehe Abb. 32, 33, 35, 36, 59, 60).

5.4.4. Einfluß der Schärfe der Instrumente

Von der Schärfe des Instruments und vom Winkel, den die Arbeitsfläche mit der Zahnoberfläche bildet - nach SCHAFFER (1967), RATEITSCHAK et al. (1978) soll dieser Anstellwinkel 75 (80) - 85 Grad betragen - hängt es ab, welche Auflagerungen ohne Anpreßdruckerhöhung erfaßt werden können.
Je stumpfer der Scaler ist, desto leichter gleitet er über die Ansatzstelle hinweg und poliert die Oberfläche durch Materialverschiebung. So "geglätteter Zahnstein" erscheint makroskopisch oft spiegelglatt und eben, in höheren Vergrößerungen werden jedoch Rauhigkeiten sichtbar, die für die Plaqueanlagerung Retentionen schaffen.
Um die Auflagerungen mit einem stumpfen Instrument zu beseitigen, muß der Druck senkrecht zur Oberfläche erhöht werden.

5.5. Probleme der Restauflagerungen nach handinstrumenteller und Ultraschall-Zahnreinigung

Prädilektionsstellen für Restauflagerungen sind natürliche und pathologische Vertiefungen in der Oberfläche, die dem Instrument nicht zugänglich sind, ohne Zahnhartsubstanz zu opfern.
Unterschiede in der Effektivität zwischen Scaler und Sonus II konnten wir nicht nachweisen.

(1) Auflagerung zwischen Perikymatien
(siehe Abb. 73 und 74)

(2) Auflagerungen auf kariösem Schmelz
(siehe Abb. 75 und 76)

(3) Restauflagerungen in kleinen Vertiefungen der Schmelzoberfläche
(siehe Abb. 77, 78, 79)

(4) Flächenhafte Auflagerungen im Schmelz
(siehe Abb. 80 und 81)

(5) Restauflagerungen an der Schmelz-Zement-Grenze
(siehe Abb. 82 bis 85)

(6) Auflagerungen innerhalb der natürlichen hügeligen Wurzeloberfläche
(siehe Abb. 86)

(7) Dünne, flächige Auflagerungen
(siehe Abb. 87 und 88)

(8) Restauflagerungen in kleinen Vertiefungen der Wurzel
(siehe Abb. 89 und 90).

Oft fallen fließende Übergänge von Zahnoberfläche zu Zahnstein auf (siehe Abb. 79, 81, 84). Werden diese von den Kontrollmöglichkeiten erfaßt, was trotz großer Sorgfalt erstaunlich oft nicht der Fall ist, können sie erneut bearbeitet werden. Allerdings stellen sie für die Instrumente nur einen geringen oder keinen mechanischen Ansatz dar. Dies bedeutet, bei geringem Anpreßdruck gleiten sie ohne Wirkung über die Beläge und glätten allenfalls deren Oberfläche.
Ihre Beseitigung wird nur möglich, wenn der Anpreßdruck erhöht wird und die Instrumente die umgebenden Gewebe mitabtragen oder absprengen.

In einigen Fällen, besonders bei Verwendung eines nicht sehr scharfen Scalers, wurde die Zahnsteinoberfläche glatt (siehe Abb. 84) und konnte nur in höheren Vergrößerungen von der Zahnhartsubstanz unterschieden werden.
Manche Auflagerungen zeigen bei Anwendung von Handinstrumenten ähnliche Spuren wie der Zement.

Grundsätzlich besteht eine Diskrepanz zwischen den im Rasterelektronenmikroskop beobachteten Schäden und Restauflagerungen sowie unseren Kontrollmöglichkeiten.

(1) Es dürfte vom Zufall, der Gewissenhaftigkeit und dem Tastvermögen des Behandlers abhängen, inwieweit eine kleine Unregelmäßigkeit (entweder Auflagerung oder Defekt) erkannt wird.

(2) Zwar kann eine gewisse Rauhigkeit gegenüber der glatten Schmelzoberfläche in vielen Fällen getastet werden, jedoch scheint es uns häufig unmöglich zu entscheiden, ob eine Auflagerung oder ein Oberflächendefekt vorhanden ist, ins-

besondere dann, wenn der Übergang nicht tastbar ist und farblich kein Unterschied festgestellt werden kann.

(3) Auch erschwerten natürliche Ungleichmäßigkeiten (Schmelz-Zement-Grenze, Perikymatien, Wurzeloberfläche, usw.) in ihren vielfältigen Ausprägungen die Kontrolle.

Im Rasterelektronenmikroskop können wesentlich mehr Läsionen und Restauflagerungen erkannt werden, als es mit der Sonde und dem Auge möglich ist. Andererseits stellt aber jede Rauhigkeit neuen Ansatzpunkt für die Anlage von Plaque dar (MIERAU et al. 1978 und SELVIG 1970).

Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (= REM)

18-fache Vergrößerung

Zahn: rechter unterer Molar

Keine Bearbeitung

S: unveränderter Schmelz

C: Zahnstein

O, ▲ : Fräsrille bzw. Bohrung als Orientierungshilfe

Abb. 2: REM-Aufnahme

15-fache Vergrößerung

Zahn: rechter unterer Molar

Wurzeloberfläche unbearbeitet

Z: pathologisch unveränderter Zement

K: Konkremente

P: Reste von parodontalem Gewebe

↑: artifizielles Rißmuster durch Dehydratation bei allen folgenden Wurzelzementaufnahmen auftretend

O: Fräsrille als Orientierungshilfe

Abb. 1

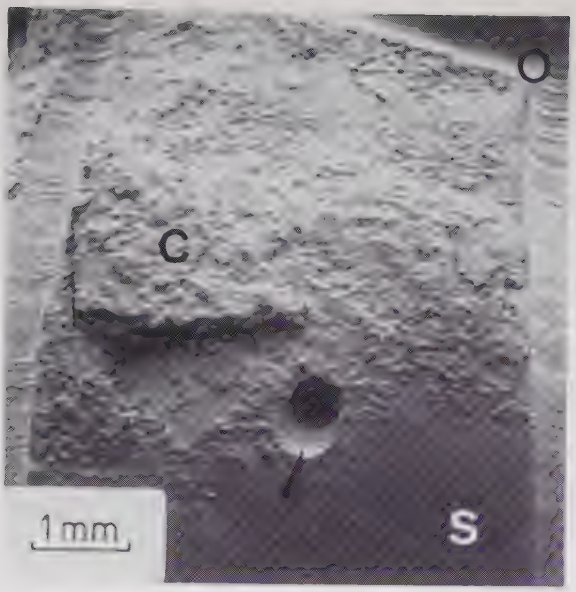


Abb. 2

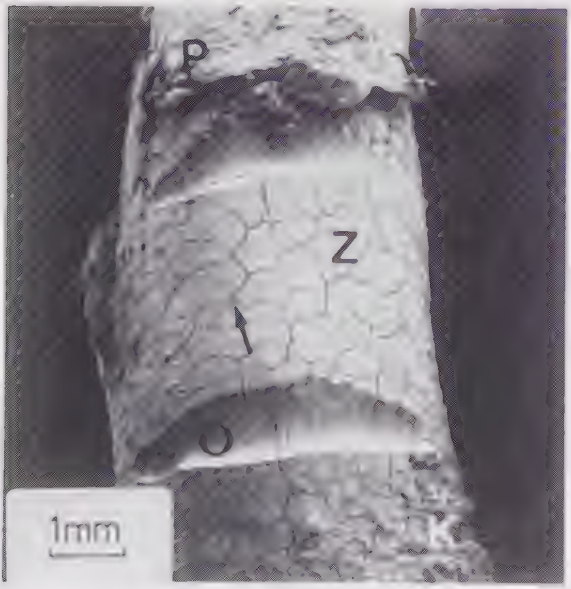


Abb. 3: REM-Aufnahme

15-fache Vergrößerung

Zahn: rechter oberer Molar distal

Keine Bearbeitung

S: Schmelzoberfläche mit oberflächlichen Läsionen (↑)

Z: Zementoberfläche mit oberflächlichen Läsionen (↑)

C: Zahnstein

Abb. 4: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: rechter oberer Molar distal

Keine Bearbeitung

S: Schmelzoberfläche

Z: Zementoberfläche

D: lokaler Defekt

↑: intakte Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 3

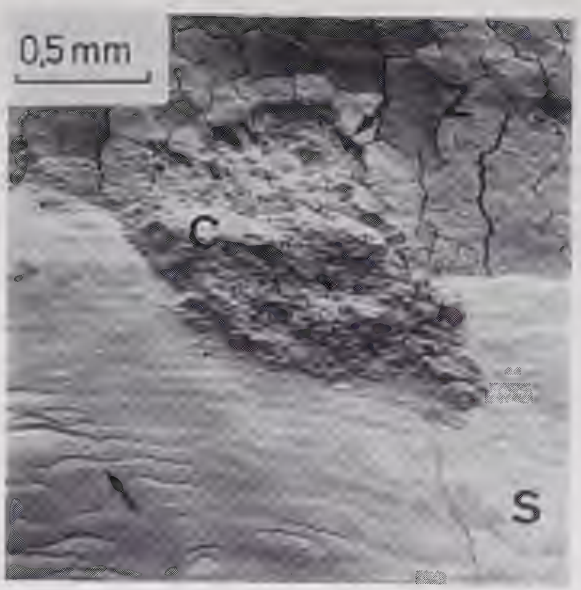


Abb. 4

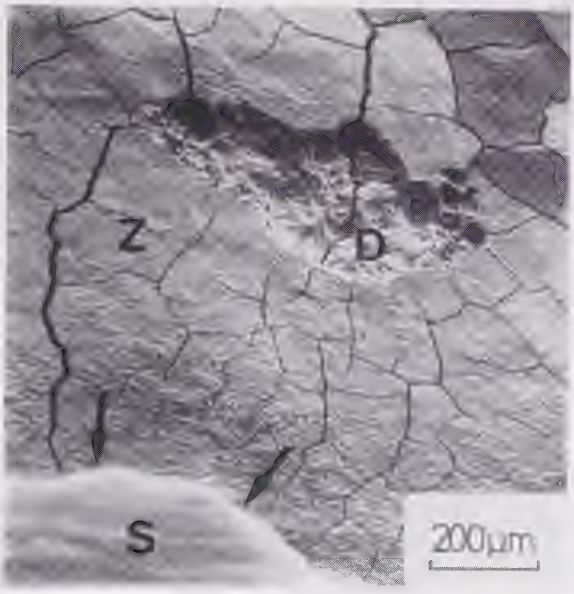


Abb. 5: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Arbeitsende des Ash-Scalers H 6

↑: Arbeitskante

mit zunehmender Entfernung von der Spitze verbreitert sich diese Kante

Abb. 6: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Ash-Scaler-Spitze H 6

↑: deutlicher Metallgrat an der Arbeitskante

Abb. 5

Abb. 6

Abb. 7: REM-Aufnahme
200-fache Vergrößerung
mehrfach benützter Ash-Scaler H 6
↑: vorderer Teil:
ca. 50 µm breite Arbeitskante

Abb. 8: REM-Aufnahme
50-fache Vergrößerung
Instrumenteneinsatz Nr. 4 von Sonus II
allseitig abgerundete Kanten

Abb. 7

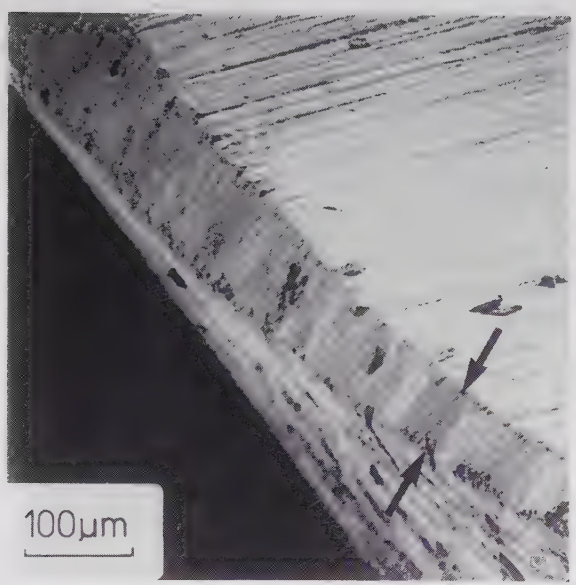


Abb. 8

Abb. 9: REM-Aufnahme
100-fache Vergrößerung
klinisch spitze zahnärztliche Sonde
Durchmesser an der Spitze ca. 100 µm

Abb. 10: REM-Aufnahme
50-fache Vergrößerung
Sondenspitze auf Schmelzoberfläche montiert
L: geringfügige, oberflächliche Schmelzläsionen
↑: artifizielle Kratzspuren (verursacht bei der Montage der Spitze auf den bereits zuvor mit Gold bedampften Zahn)
BEACHTE: Größenverhältnis: Läsion - Sondenspitze - Perikymatien

Abb. 11: REM-Aufnahme
200-fache Vergrößerung
Sondenspitze auf Schmelzoberfläche montiert
Detailaufnahme aus Abb. 10
L: geringfügige, oberflächliche Schmelzläsionen
↑: artifizielle Kratzspuren

Abb. 9

Abb. 10

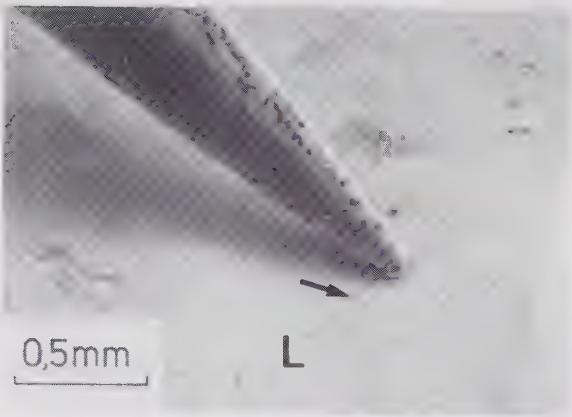


Abb. 11

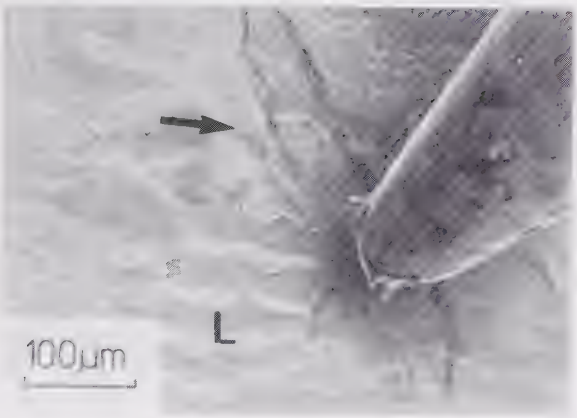


Abb. 12: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche
50-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

↑: geringfügige lokale Läsionen
keine Restauflagerungen

I: Instrumentenspuren
deutliches Perikymatienmuster
im oberen Bildteil

Abb. 13: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche
50-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Prämolar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

R: geringe Restauflagerungen

I: flache Instrumentenspuren

↑: geringe lokale Läsionen

Abb. 12b

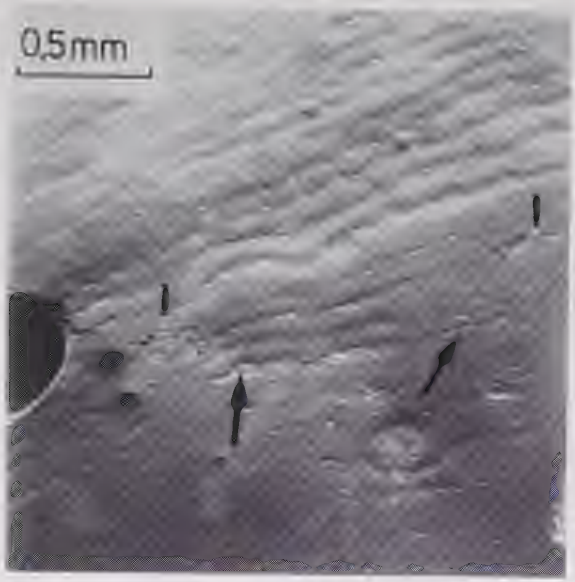


Abb. 13b

Abb. 14: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche

18-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Der Zahn wurde bereits vor der Bearbeitung im REM untersucht. Eine Auswertung ist deshalb, wie die Vorversuche gezeigt haben, nur bedingt möglich (Einfluß des Vakuums im REM auf die Haftung der Auflagerungen). Dennoch schienen uns diese Abbildungen die oberflächlichen Läsionsbildungen deutlich darzustellen:
Aufgrund der nochmaligen Bedampfung nach der Bearbeitung mit den Zahnreinigungsinstrumenten ergeben sich dunkle "Flecken", die wir als die Berührungsflächen des Scalers mit der Zahnoberfläche gedeutet haben.

1. ↑ Innerhalb dieser "Flecken" zeigen sich quer zur Bearbeitungsrichtung und parallel zu Perikymatien relativ gleichmäßige Vertiegungen (scharfkantige Läsionen)

2. Es werden nur geringe Anteile der Schmelzoberfläche vom Scaler berührt (Abweichungen der Zahnform vom Scaler)

3. C↑ Zahnsteinrestauflagerungen auf nicht "berührter" Schmelzoberfläche

O: Orientierungshilfe

Abb. 15: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche

47-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar

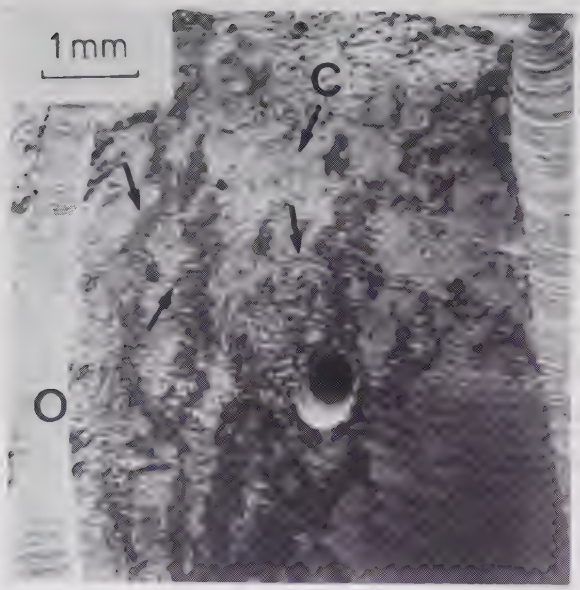
Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Detailaufnahme aus Abb. 14

↑: scharfkantige Läsionen quer zur Arbeitsrichtung

C↑: Zahnsteinrestauflagerungen

O : Orientierungshilfe


1mm
C
O

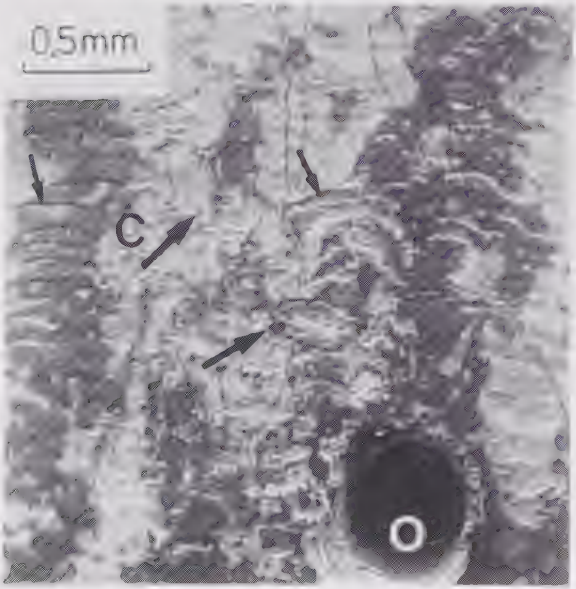

0,5mm
C
O

Abb. 16: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche

47-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar (siehe Abb. 15)

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Politur mit Gummikelch und Zirkate-Polierpaste

keine Restauflagerungen
(Beseitigung durch Politur)

↑: oberflächliche Läsionen an erhabenen Stellen

O: Orientierungshilfe

Abb. 17: REM-Aufnahme

45-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar distal

F: flächige oberflächliche Läsion

↑: deutliche, quer zur Arbeitsrichtung des Scalers verlaufende Läsionen

Z: Zement

O: Orientierungshilfe

S: Schmelz

Klinisch konnten bei der Sonden-Kontrolle geringe Rauhigkeiten getastet werden

Abb. 16

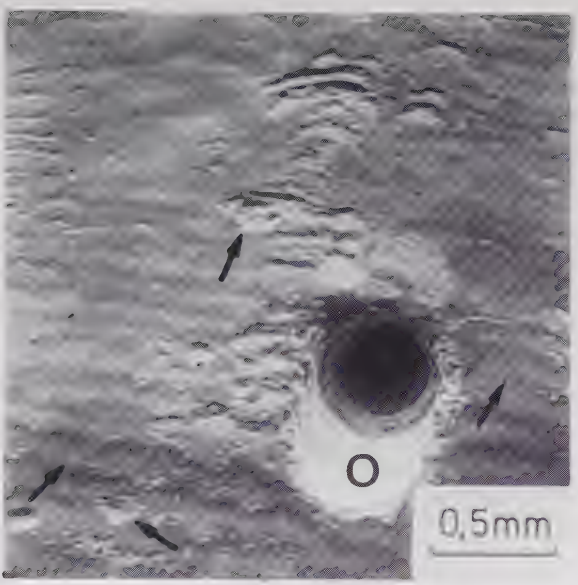


Abb. 17

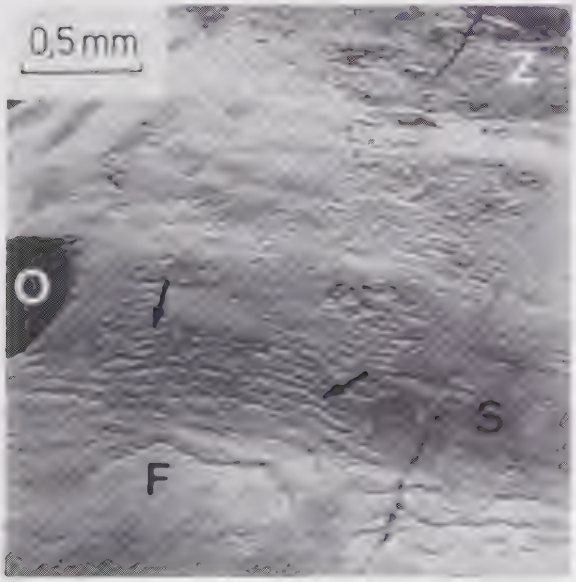


Abb. 18: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

S: Schmelz mit geringen oberflächlichen Läsionen

Z: Zement

R: Restauflagerung

▲: stufenförmiger Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze

Sondenprobe:

- Schmelz: glatt
- Schmelz-Zement-Grenze: rauh
  Auflagerung von apikal nicht tastbar!
- Zement: glatt

Abb. 19: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Scaler H 6

Politur mit Bürstchen und Zirkate-Polierpaste

▲: stufenförmiger Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze besonders deutlich

S: Schmelz

R: Restauflagerungen

Z: Zement

Abb. 18

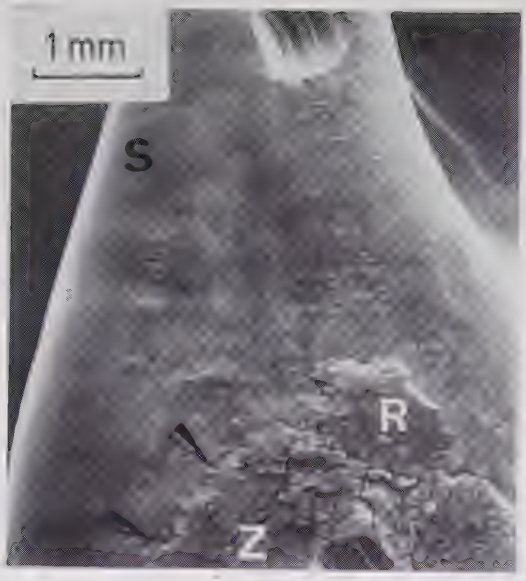


Abb. 19

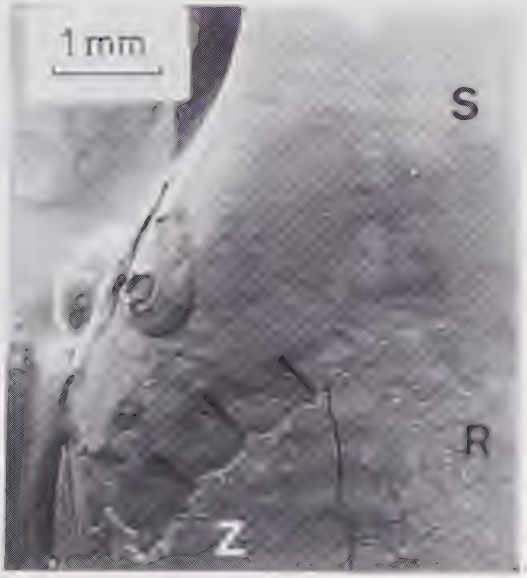


Abb. 20: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Detailaufnahme aus Abb. 18

D: stufenförmige Defekte an der Schmelz-Zement-Grenze

Z: Zement

S: Schmelz

↑: Rißbildungen in Zugrichtung des Scalers mit leicht geweiteten Rändern

Abb. 21: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Scaler H 6

Politur mit Bürstchen und Zirkate-Polierpaste

Detailaufnahme aus Abb. 19

S: Schmelz

Z: Zement

D↑: stufenförmige Läsionen

▲: Verlauf der Perikymatien und der stufenförmigen Läsionen

↑: Rißbildung in Zugrichtung des Scalers mit leicht geweiteten Rändern

Abb. 20

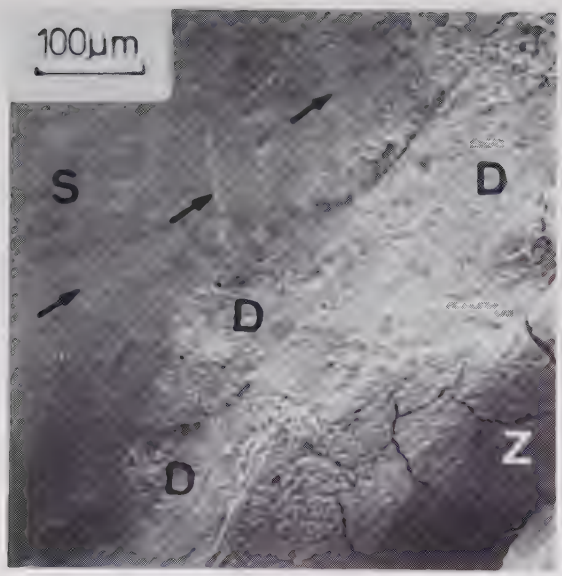


Abb. 21

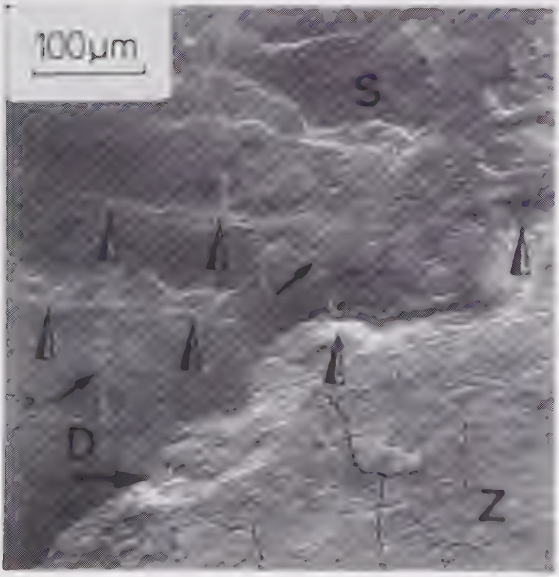


Abb. 22: REM-Aufnahme

17-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Politur mit Gummikelch und
Zirkate-Polierpaste

(Einfluß der Politur auf die Aussage ist
in diesem Zusammenhang unerheblich)

S: Schmelz

Z: Zement

F: flächenhafte Abtragungen
im Zement und Schmelz

: Verlauf der Defektkanten
parallel zu Perikymatien

keine Auflagerungen

Sondenprobe: Rauhigkeiten tastbar

Abb. 23: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Politur mit Gummikelch und
Zirkate-Polierpaste

(Einfluß der Politur auf die Aussage ist
in diesem Zusammenhang unerheblich)

S: Schmelz

Z: Zement

: Verlauf der Perikymatien
parallel zur Schmelz-Zement-Grenze

: intakte Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 22

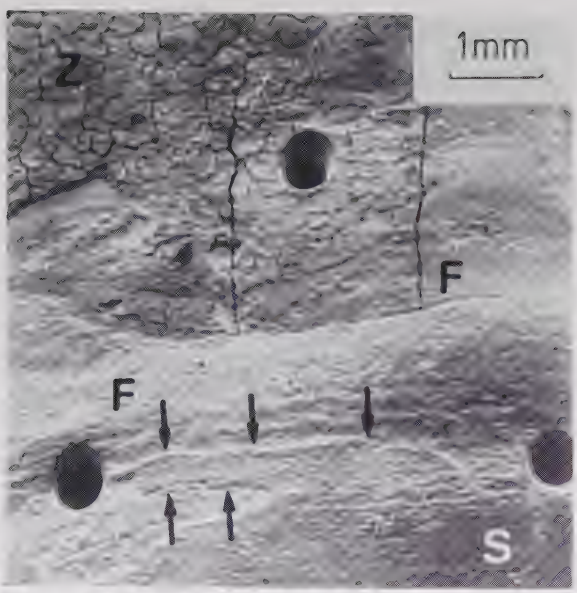


Abb. 23

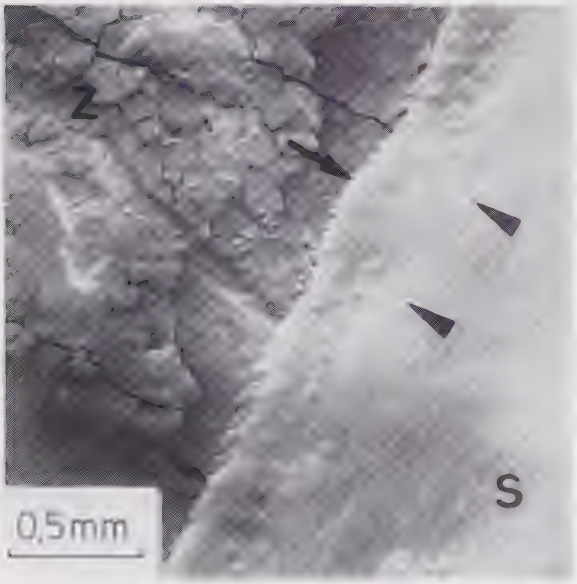


Abb. 24: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar

Bearbeitung mit dem Scaler H 6 / H 7

Z: unbearbeitete Zementoberfläche, dazwischen sehr glatte Spur des Scalers

A: Abtragung der "kleinhügeligen" Wurzeloberfläche (dieser Effekt nimmt zum Spurrand hin ab, da die Krümmung der Wurzel stärker ist als die des Scalers)

: durch Materialverschiebung erzeugte kleine Schollen

B: tieferliegender Bereich des Wurzelzements, nur oberflächlich vom Instrument erfaßt, in der Tiefe unbearbeitet

Das feine Schrägmuster innerhalb der Spur stammt vom Profil der Arbeitskante. Insgesamt glatte Oberfläche; schwach wellig senkrecht zur Arbeitsrichtung des Scalers

Abb. 25: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Prämolar

Bearbeitung mit dem Interdentalmeißel H 4 aus dem Ash-Instrumentensatz

Z: Zementoberfläche unbearbeitet, darüber

I: geglättete Instrumentenspur durch Abtragung der "kleinhügeligen" Oberfläche

Abb. 24

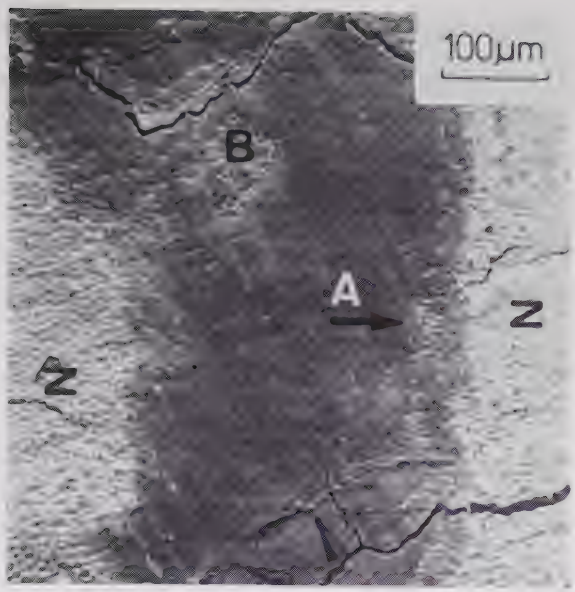


Abb. 25

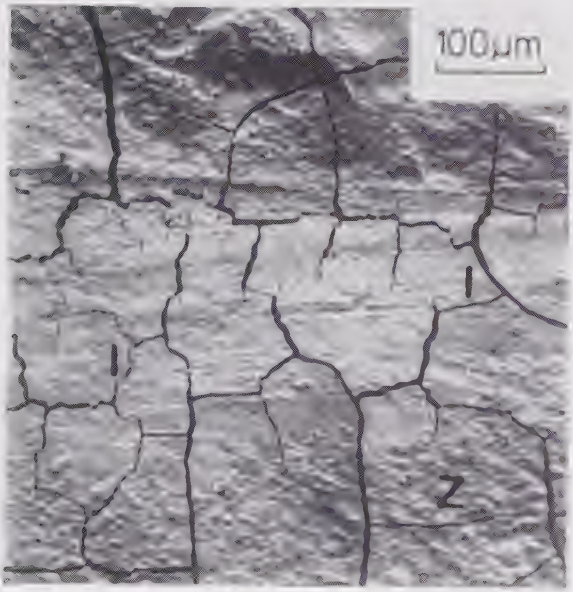


Abb. 26: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Prämolar

Bearbeitung mit dem Interdentalmeißel H 4 aus dem Ash-Instrumenteneinsatz

S: Schmelz, teilweise bedeckt von flachen Restauflagerungen

L: teilweise geringe lokale Läsionen

Z: Zement

R: Restauflagerung

I: Instrumentenspur (Meißelkante) vom Zement in die Auflagerung übergehend

A: teils abgetragene und vom Druck der bearbeitenden Instrumente veränderte Zementoberfläche

Abb. 27: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

relativ glatte, leicht gewellte Oberfläche mit geringfügigen Instrumentenspuren

L: lokale Läsion

Z: Zement

Abb. 26

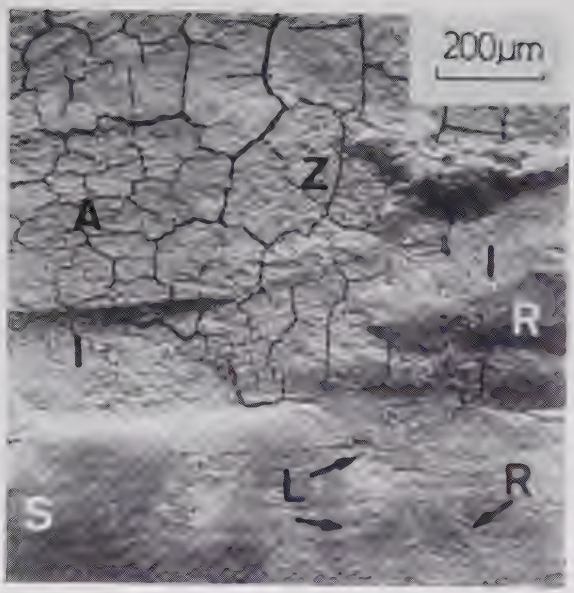


Abb. 27

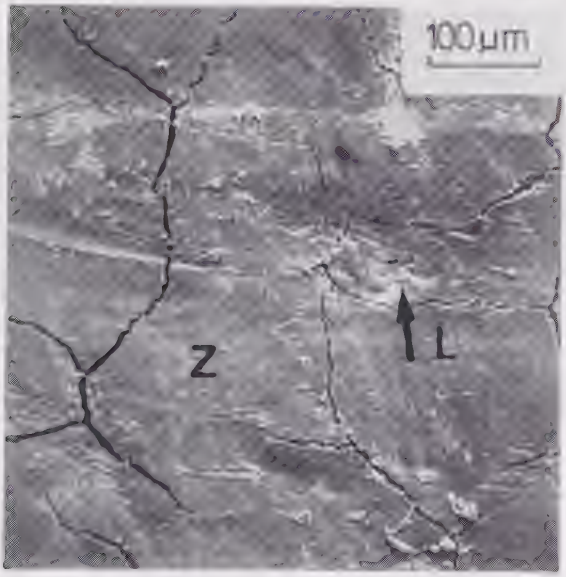


Abb. 28: REM-Aufnahme

2000-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

↑: innerhalb der Bearbeitungsspur treten infolge des hohen Drucks kleine Schollen und Risse quer zur Arbeitsrichtung auf - glatte, ebene Oberfläche

A↑: Arbeitsrichtung

L↑: geringste lokale Läsionen

Z : Zement

Abb. 29: REM-Aufnahme

16-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Politur mit Gummikelch und Zirkate-Polierpaste (ohne wesentlichen Einfluß auf die Ergebnisse hinsichtlich der Läsionen)

F: vielfache flächenhafte Abtragungen bis ins Dentin, teilweise ▲ stufenförmig in Schichten

↑: Riefen in der Wurzeleinziehung, verursacht durch die Scalerspitze

P: Reste parodontalen Gewebes

Z: Zement

▲: Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 28

Abb. 29

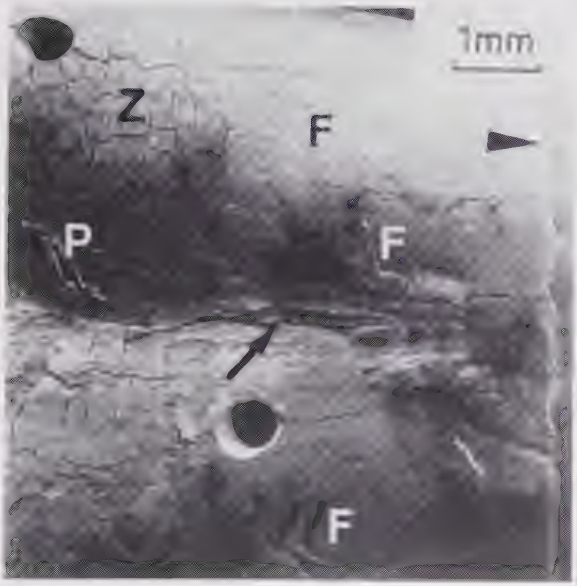


Abb. 30: REM-Aufnahme: Zementoberfläche
50-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar distal

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
massive Abtragungen bis ins Dentin

↑: Läsionsränder verquetscht
Schollenbildung

Abb. 31: REM-Aufnahme: Zementoberfläche
100-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar distal

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
Detailaufnahme aus Abb. 30

hobelspanartige, unregelmäßige Oberfläche

↑: Dentinkanälchen

Abb. 30

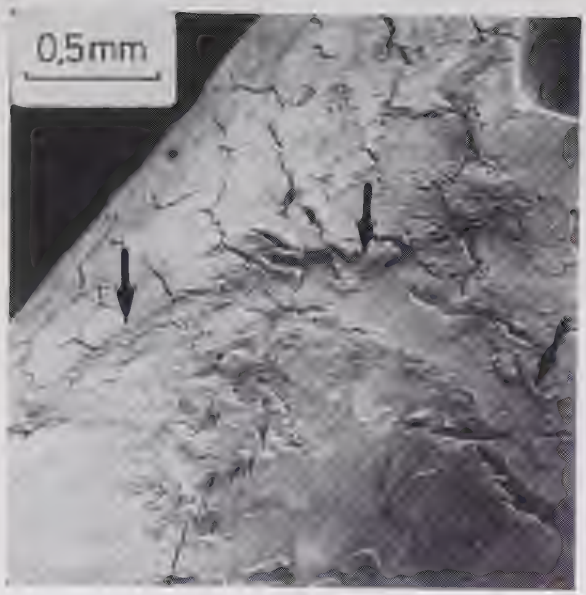


Abb. 31

Abb. 32: Makro-Aufnahme
3-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Schneidezahn
unbearbeitet
↑: Ausdehnung der Auflagerungen

Abb. 33: REM-Aufnahme
20-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Schneidezahn
Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
Politur mit Bürstchen und Zirkate-Polierpaste (ohne wesentlichen Einfluß auf die Aussage)
Z: relativ unbearbeitete Zementoberfläche (zuvor nicht von Konkrementen bedeckt)
↑: von Bearbeitungsinstrumenten veränderte, wellige Zementoberfläche mit Instrumentenspuren (zuvor mit Konkrementen bedeckt)
R: Restauflagerungen
▲: stufenförmige Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 34: REM-Aufnahme
50-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Schneidezahn
Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
Politur mit Bürstchen und Zirkate-Polierpaste (ohne wesentlichen Einfluß auf die Aussage)
unregelmäßige, leicht wellige Oberfläche quer zur Arbeitsrichtung des Scalers
A↑: Arbeitsrichtung
Z : Zement

Abb. 32

Abb. 33

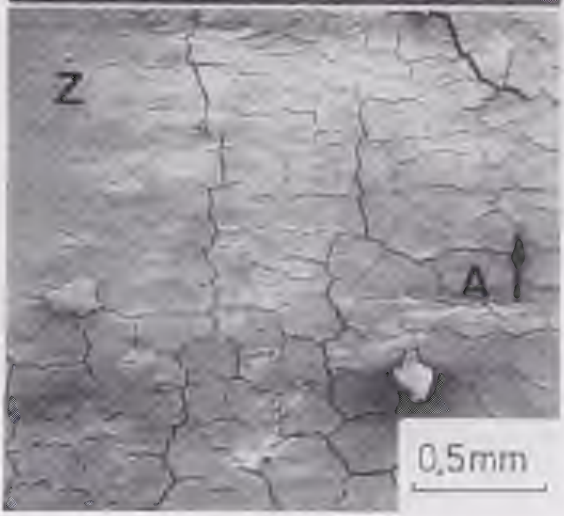


Abb. 35: Makro-Aufnahme
3-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Molar
unbearbeitet
↑: Ausdehnung der geringen Konkremente auf den Wurzelzement

Abb. 36: REM-Aufnahme
20-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Molar
Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
Detailaufnahme aus Abb. 35
nahezu läsionsfreie Zahnoberfläche
↑: leichte Vertiefungen im Zement (Ansatzflächen der Konkremente)
S: Schmelz
Z: Zement

Abb. [illegible]

Abb. [illegible]

Abb. 37: REM-Aufnahme

16-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar distal

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

R: flache Restauflagerungen im Zement

↑: tiefe Riefen in der Wurzeleinziehung, verursacht durch die Scalerspitze

▲: nahezu intakte Schmelz-Zement-Grenze mit geringfügigen Auflagerungen

Abb. 38: REM-Aufnahme

160-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar distal

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Detailaufnahme aus Abb. 37

tiefe Riefen in der Wurzeleinziehung

Abb. 37

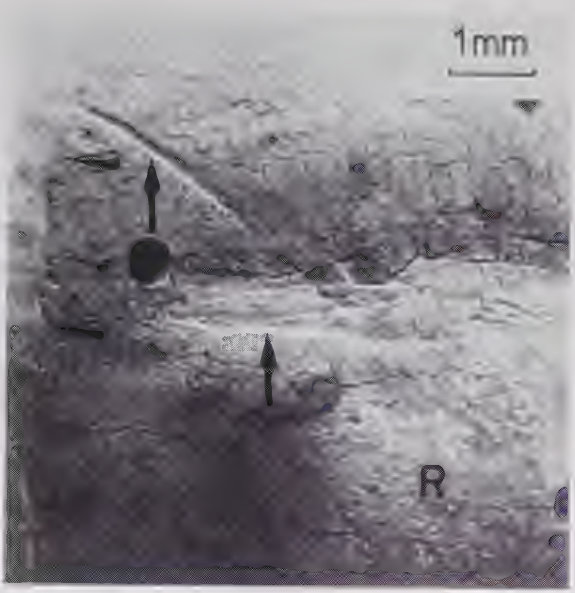


Abb. 38

Abb. 39: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

↑: zahlreiche, hufeisenförmige Schmelzläsionen

S: Schmelz

Z: Zement

R: Restauflagerung

▲: Läsionen an der Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 40: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

hufeisenförmige Läsionen von unterschiedlicher Breite

AR: Arbeitsrichtung

↑: scharfkantige Läsionsränder

S: Schmelz

Abb. 39

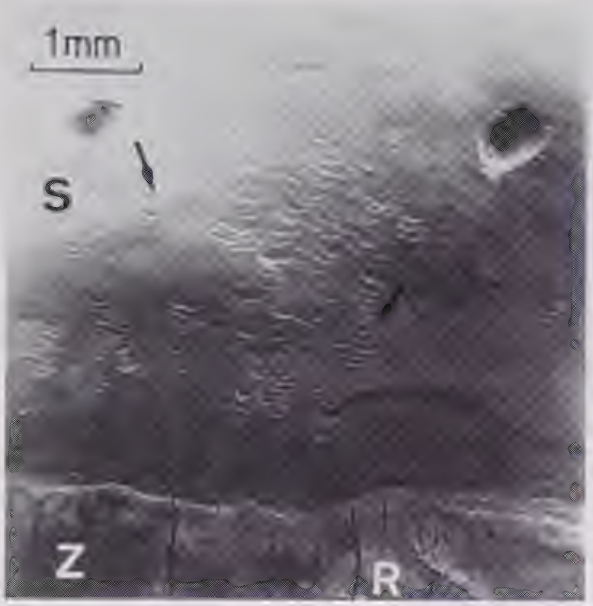


Abb. 40

Abb. 41: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche

400-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Politur mit Gummikelch und
Zirkate-Polierpaste
(die Politur beeinflußt unsere
Aussage nur unwesentlich)

hufeisenförmige Läsionen in Arbeitsrichtung, die sich nach apikal vertiefen

↑: deutliche Prismendellen
durch Politur abgerundete Läsionskanten

Abb. 42: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche

200-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

"neue" Perikymatien durch oberflächliche Läsionen

↑: deutliche Prismendellen

Abb. 41

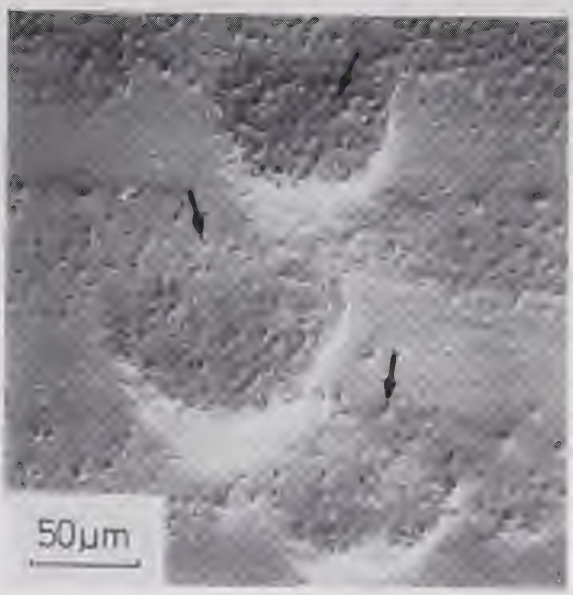


Abb. 42

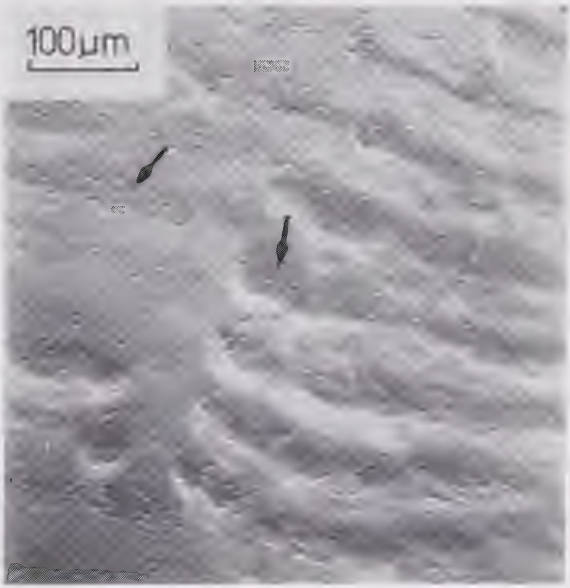


Abb. 43: REM-Aufnahme

30-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

flächenhafte Abtragung des Schmelzes

↑: einzelne Vertiefungen

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 44: REM-Aufnahme

65-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

flächenhafte Abtragung einer etwa
gleichmäßig dicken Schmelzschicht

↑: zusätzliche Vertiefungen an Stellen
ehemaliger Imbrikationslinien

S: fast unveränderte Schmelzoberfläche

↑: ursprüngliche Imbrikationslinien

Abb. 43

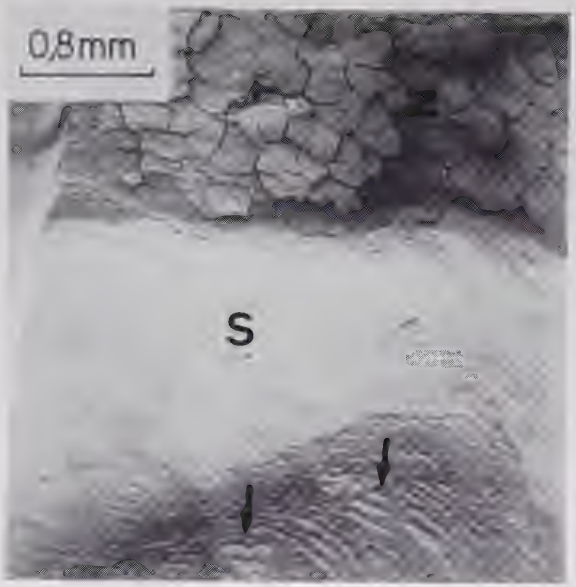


Abb. 44

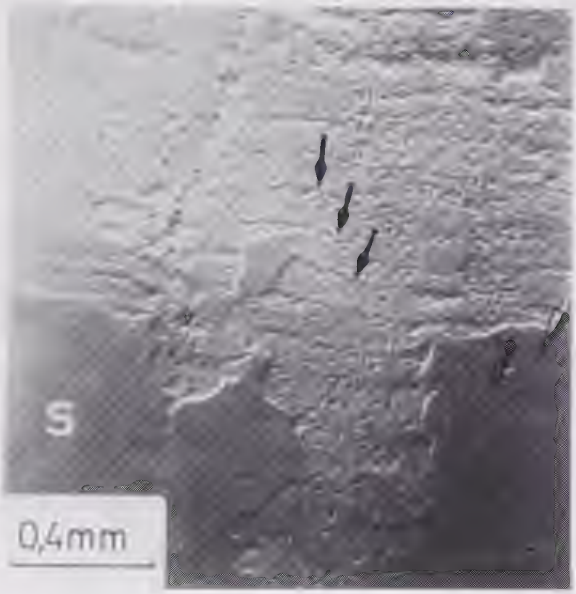


Abb. 45: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

S: Schmelzoberfläche mit vielfachen lokalen und flächigen Läsionen

Z: Zementoberfläche mit flächigen Läsionen

R: Restauflagerungen

Schmelz-Zement-Grenze undeutlich/
teilweise abgetragen

Abb. 46: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme aus Abb. 45

S: nach Abtragung einer "Deckschicht" des Schmelzes scheint die Oberfläche geglättet mit

▲: zahlreichen hufeisenförmigen Läsionen

/: verschmierte, abgetragene Zementoberfläche

Abb. 45

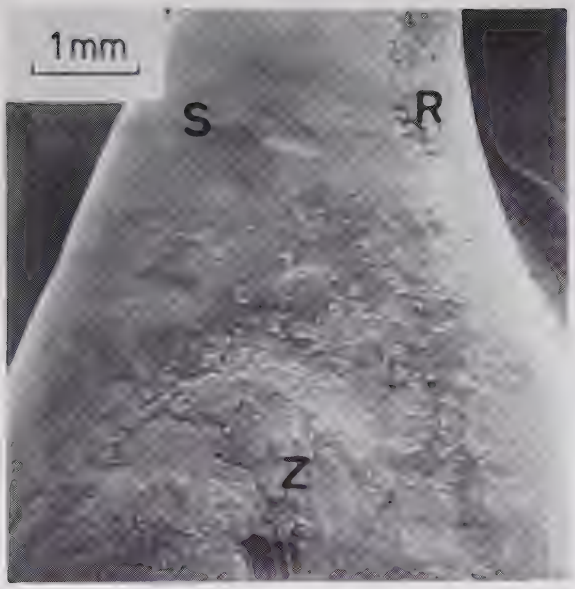


Abb. 46

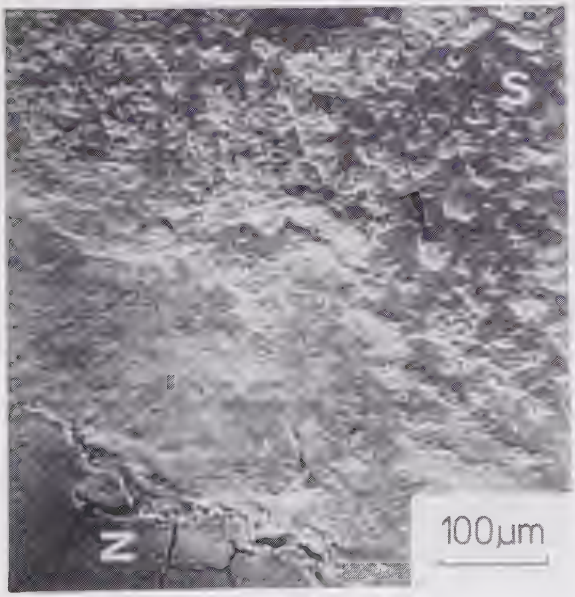


Abb. 47: REM-Aufnahme
160-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

deutliche Abtragung der Läsionsoberflächen,
jedoch in der Tiefe Rauhigkeiten

S: Schmelz

Abb. 48: REM-Aufnahme
500-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme aus Abb. 47

↑: Schmelzprismen am Boden einer Läsion
(durch Absprengung entstanden)

Abb. 47

Abb. 48

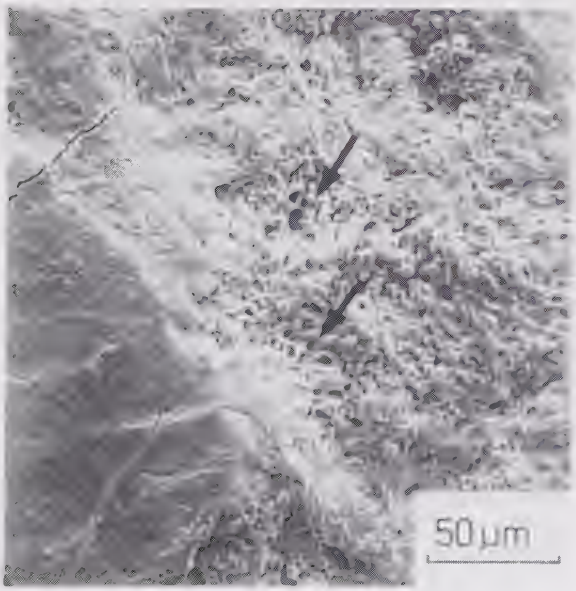


Abb. 49: REM-Aufnahme

16-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Politur mit Bürstchen und
Zirkate-Polierpaste

S: Schmelzoberfläche mit Läsionen
beachte: nahezu symmetrische Formen
an Schmelzrissen

Z: lokale und flächenhafte Läsionen

P: parodontales Gewebe

F: Füllung

Abb. 50: REM-Aufnahme

30-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Politur mit Bürstchen und
Zirkate-Polierpaste

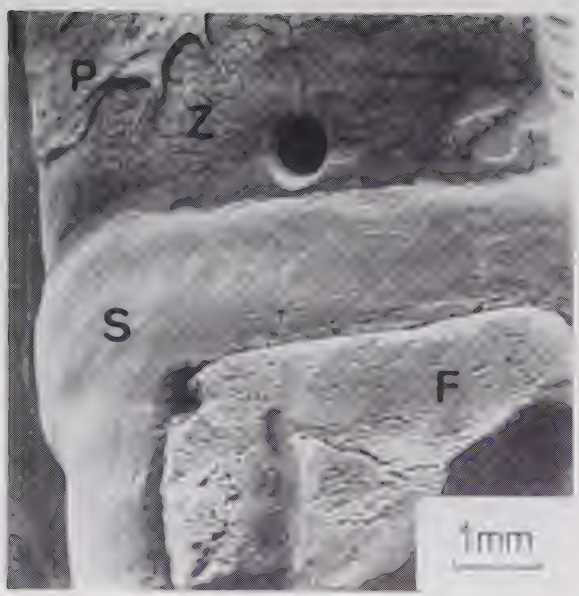
S: flächenhafte Läsionen im Schmelz

↑: Läsionen an Schmelzrißkanten

F: flächenhafte Läsion im Zement

Schmelzläsionen an der Schmelz-Zement-
Grenze gehen in Läsionen im Zement über

Abb. 49



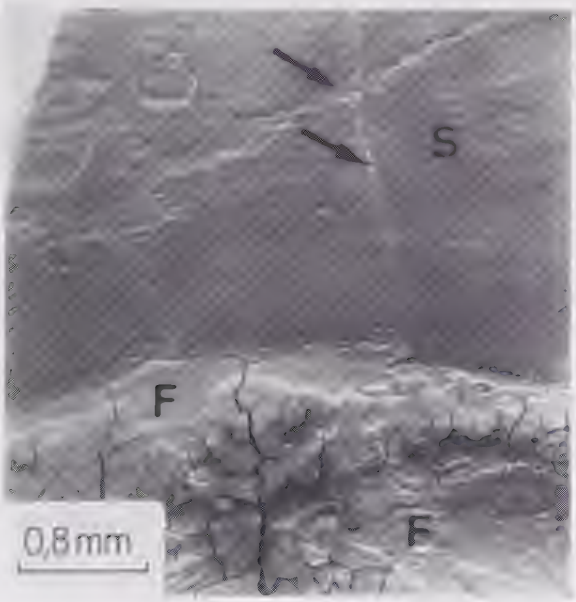


Abb. 51: REM-Aufnahme

1600-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme

L: Läsion im Schmelz

S: relativ unbeschädigter Schmelz

R: Restauflagerungen über der

↑: Schmelz-Zement-Grenze

Abb. 52: REM-Aufnahme

2000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme

Schmelzprismen aus einem Bruchpräparat

vgl. scharfe Kanten mit der geglätteten
Oberfläche nach Abtragung

Abb. 51

Abb. 52

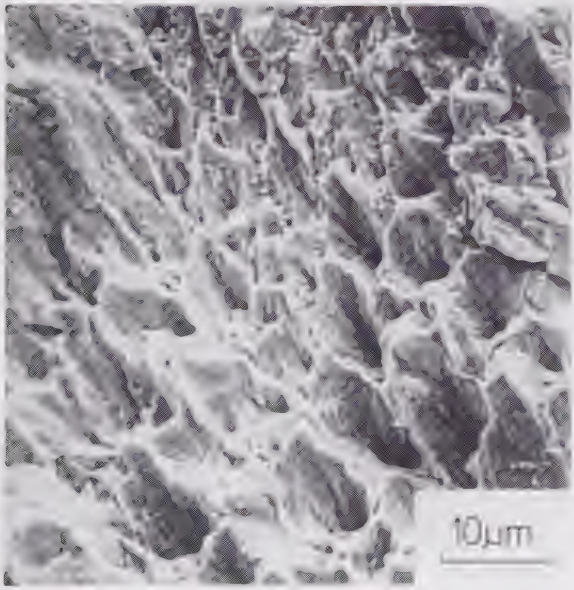


Abb. 53: REM-Aufnahme

500-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Z: Zementoberfläche

R: leicht geglättete Restauflagerungen

↑: im Übergangsbereich liegen Restauflagerungen in den Vertiefungen der Wurzeloberfläche

Abb. 54: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

↑: Bildung kleiner Schollen durch Materialverschiebung

Z: Zement

Abb. 53

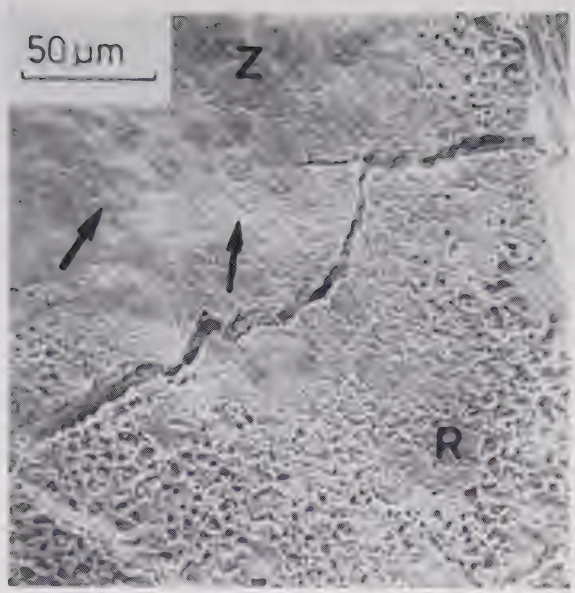


Abb. 54

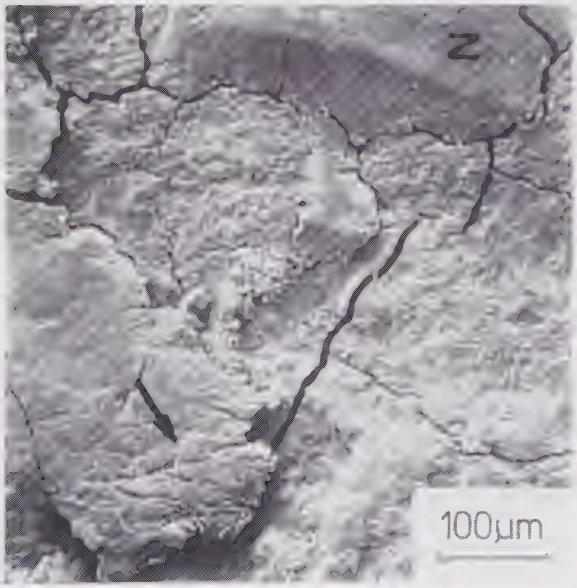


Abb. 55: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Z: relativ glatte Zementoberfläche

L: lokale Läsion mit abgeflachten,
teilweise verquetschten Rändern

Abb. 56: REM-Aufnahme

500-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme aus Abb. 55

schichtweise Abtragung des Zements
am Läsionsrand

Abb. 55

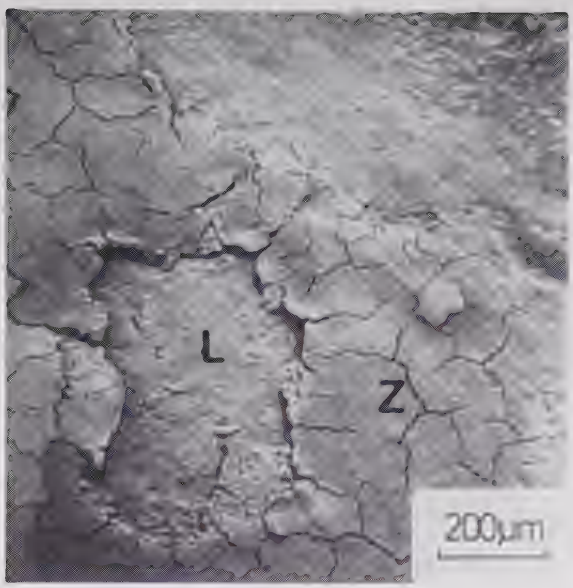


Abb. 56

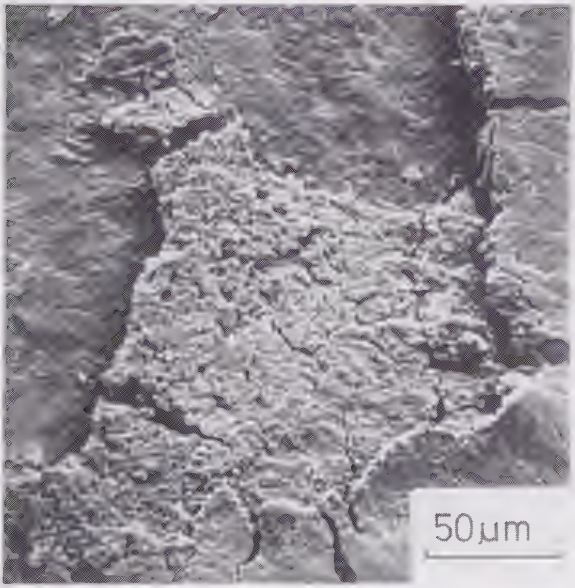


Abb. 57: REM-Aufnahme

200-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

stufenförmige Zementläsion

Abb. 58: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

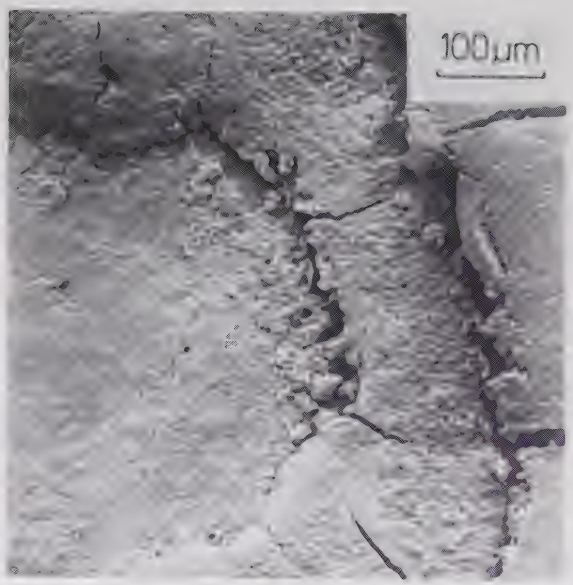
Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

↑: teilweise und

F: vollständige flächenhafte Zement-
abtragung mit stufenförmigen Läsionen

S: Schmelz

Abb. 57



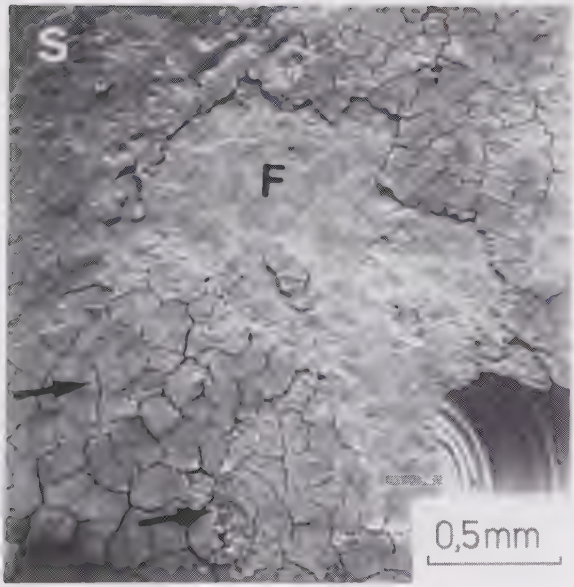


Abb. 59: Makro-Aufnahme
3-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

unbearbeitet

↑: Ausdehnung der Auflagerung

Abb. 60: REM-Aufnahme: Zementoberfläche
20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

F: flächenhafte Läsionen

↑: lokale Läsionen
von diesen verlaufen nach apikal
flache (hellere) Instrumentenspuren

hauptsächlich Läsionen im disto-
lingualen Bereich der Wurzel

Abb. 6

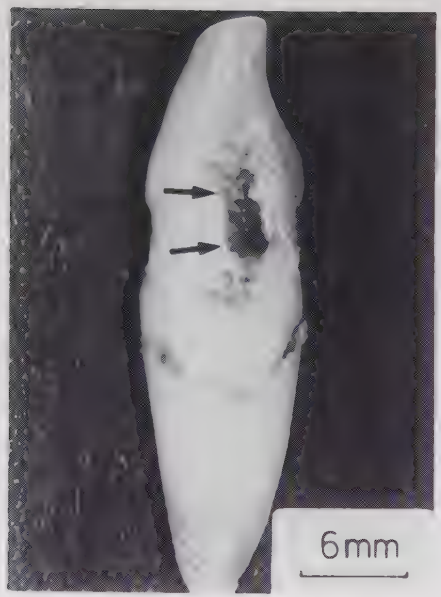


Abb. 6

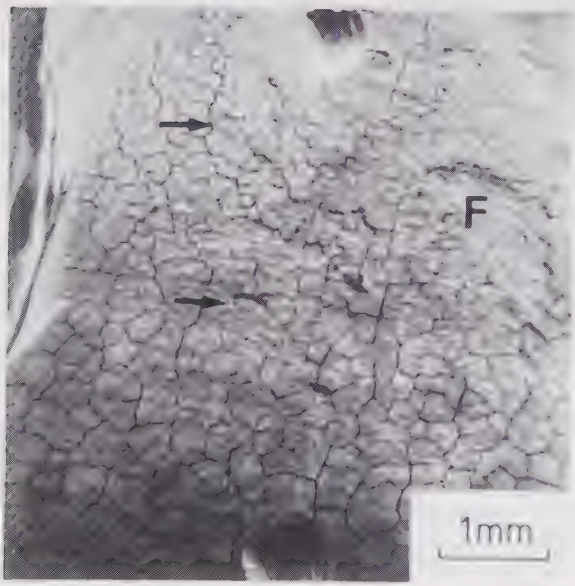


Abb. 61: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar mesial

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

flächenhafte Abtragungen im Zement

O: Orientierungshilfe

K: kariöse Läsion

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 62: REM-Aufnahme

30-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

deutliche Zementläsionen,
hauptsächlich an der Schmelz-Zement-Grenze

▲: oberflächliche Schmelzläsionen

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 61

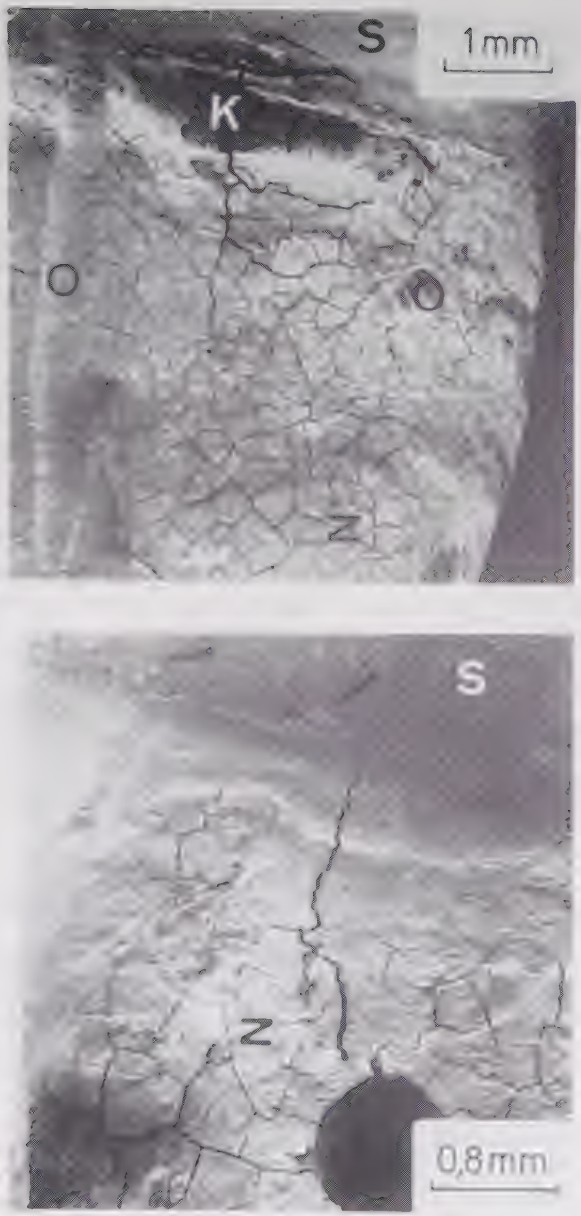


Abb. 63: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

F: flächige Läsion vom Schmelz ausgehend bis in den Zement

↑: unklarer Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 64: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

mehrere lokale Schmelzläsionen

F: flächige Abtragung reicht bis in den Zement

unklare Schmelz-Zement-Grenze

S: Schmelzoberfläche mit vielen Läsionen

Z: Zementoberfläche mit vielen Läsionen

Abb. 63

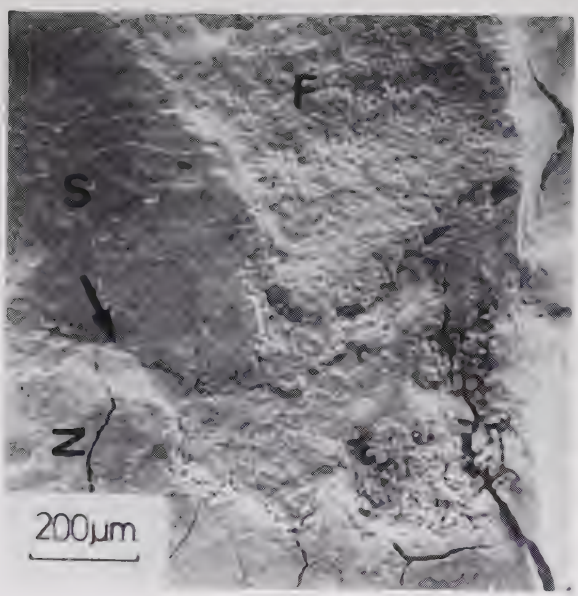


Abb. 64

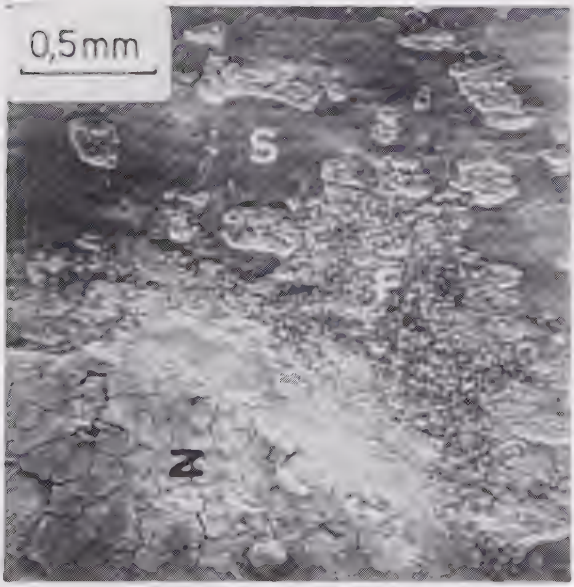


Abb. 65: REM-Aufnahme
100-fache Vergrößerung
Zahn: oberer Molar distal
unbearbeitet
P: Perikymatien
↑: geringfügige Auflagerungen
L: oberflächliche Läsion
S: Schmelz

Abb. 66: REM-Aufnahme
170-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Schneidezahn mesial
unbearbeitet
K: isolierte Konkrementenauflagerung
↑: feste Verbindung von Konkrement und Zement
Z: Zement

Abb. 65

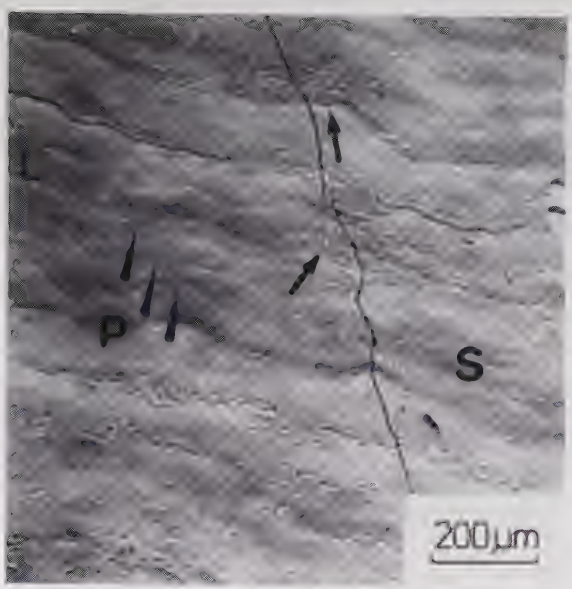


Abb. 66

In den folgenden Querschnittsskizzen werden die Probleme zur Verdeutlichung übertrieben dargestellt:

Abb. 67: Die Unregelmäßigkeiten der Zahnoberflächen führen zur Verkleinerung der Kontaktflächen mit dem (Scaler-)Instrument.

Abb. 68: Sind tieferliegende Oberflächen mit Auflagerungen bedeckt, können diese vom bearbeitenden Instrument nur nach vorheriger Abtragung der Zahnhartsubstanz erreicht werden.

Abb. 69: Bei Verwendung eines zu kleinen Instruments gelangt die Instrumentenspitze zum Einsatz und erzeugt Riefen.

Abb. 70: Beim Versuch schwer zugängliche Stellen (z.B. Wurzeleinziehungen) mit der Instrumentenspitze zu bearbeiten, entstehen leicht Läsionen.

Abb. 67

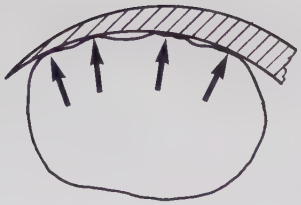


Abb. 68

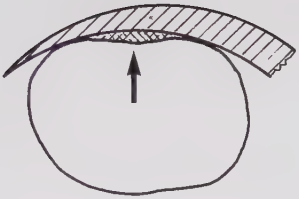


Abb. 69

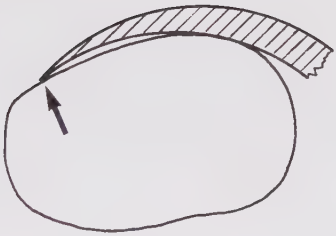


Abb. 70

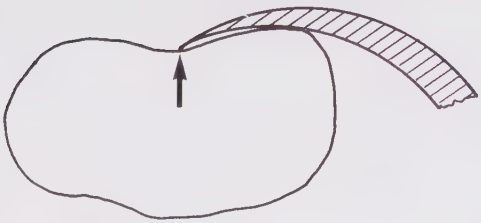


Abb. 71: REM-Aufnahme

16-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn mesial

unbearbeitet

nahezu vollständige Bedeckung der Zahnoberfläche mit Auflagerungen

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 72: REM-Aufnahme

47-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Molar mesial

unbearbeitet

unterschiedliche Ausprägung der Auflagerungen im Schmelz

1. flach: mit wenig Ansatzpunkten für das Instrument

   BEACHTE: natürliche Unregelmäßigkeiten der Schmelzoberfläche im Vergleich

2. massiv: ↑ Rißbildung durch Dehydratation

O: Orientierungshilfe

Abb. 71

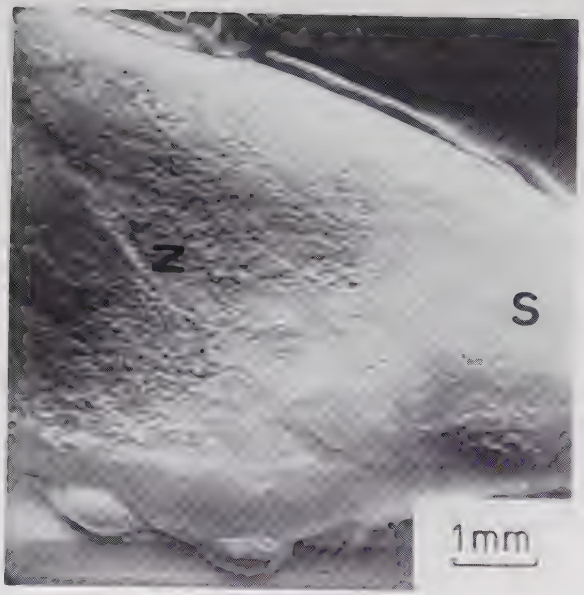


Abb. 72

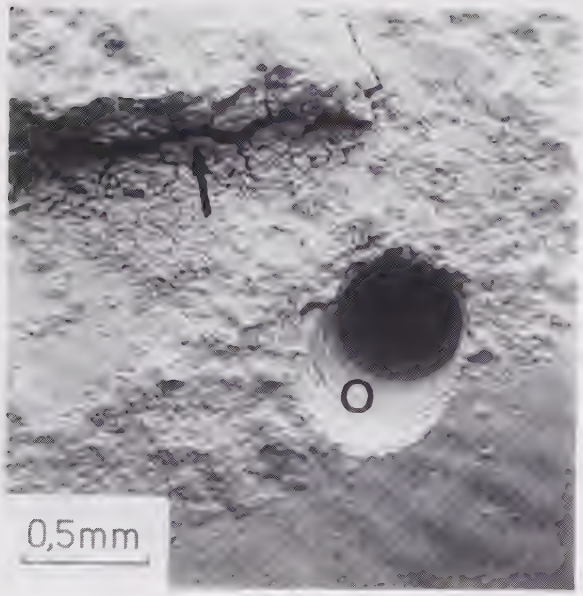


Abb. 73: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche
1000-fache Vergrößerung
Zahn: unterer Schneidezahn
Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7
flache Auflagerungen in den Vertiefungen der Oberfläche

Abb. 74: REM-Aufnahme: Schmelzoberfläche
500-fache Vergrößerung
Zahn: oberer Molar
Bearbeitung mit Sonus II/ Instrumenteneinsatz Nr. 4
↑: Restauflagerungen in den Vertiefungen der Perikymatien

Abb. 73

Abb. 74

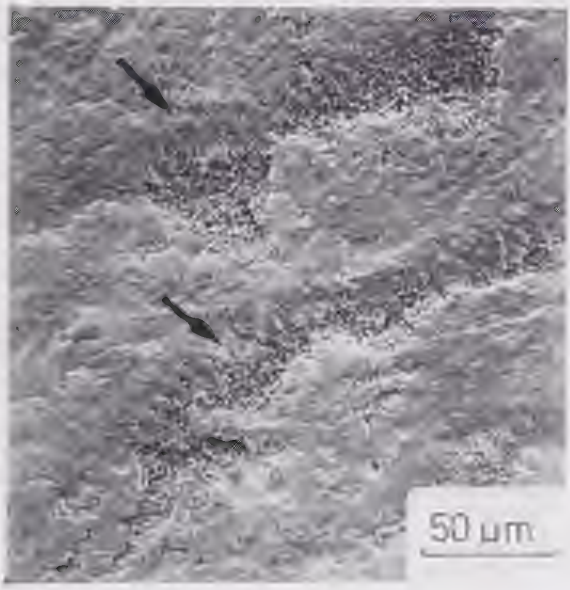


Abb. 75: REM-Aufnahme

2000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Restauflagerungen auf kariösem Schmelz

↑: vertiefte Prismendellen

Abb. 76: REM-Aufnahme

2000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

R: Restauflagerungen im Schmelz

K: kariöse Läsion

Abb. 75

Abb. 76

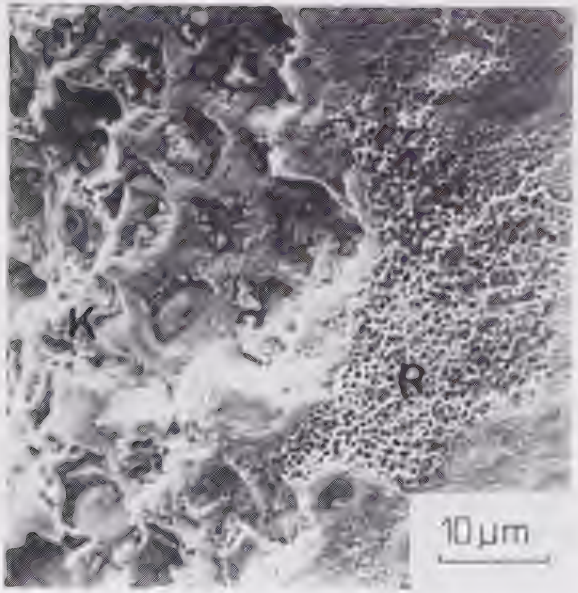


Abb. 77: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

R: Restauflagerungen im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze und im Zement

↑: Restauflagerungen in kleinen oberflächlichen Vertiefungen des Schmelzes

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 78: REM-Aufnahme

500-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Prämolar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Detailaufnahme aus Abb. 77

↑: Restauflagerungen in flachen Vertiefungen der Oberfläche

S: Schmelzoberfläche

I: Instrumentenspuren

Abb. 27

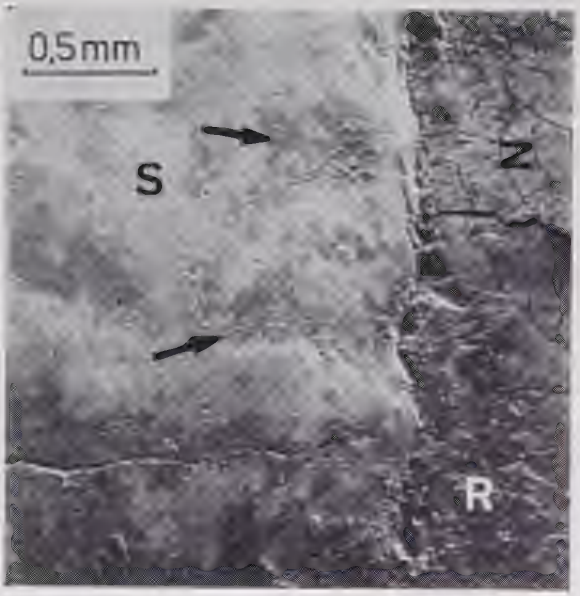


Abb. 28

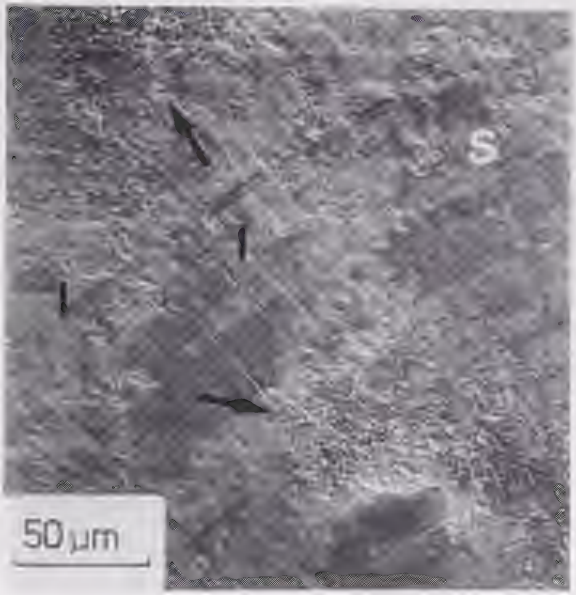


Abb. 79: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

S: Schmelzoberfläche

R: flächenhafte Restauflagerungen mit

↑: geglätteter Oberfläche

▲: dünn auslaufende Übergänge zur Schmelzoberfläche

Abb. 80: REM-Aufnahme

100-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

R: flächenhafte Restauflagerungen

S: "saubere" Schmelzoberfläche

L: oberflächliche Läsionen

Abb. 79

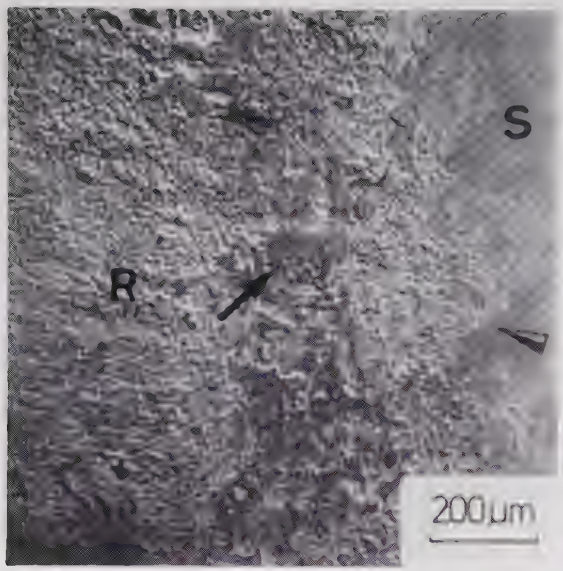


Abb. 80

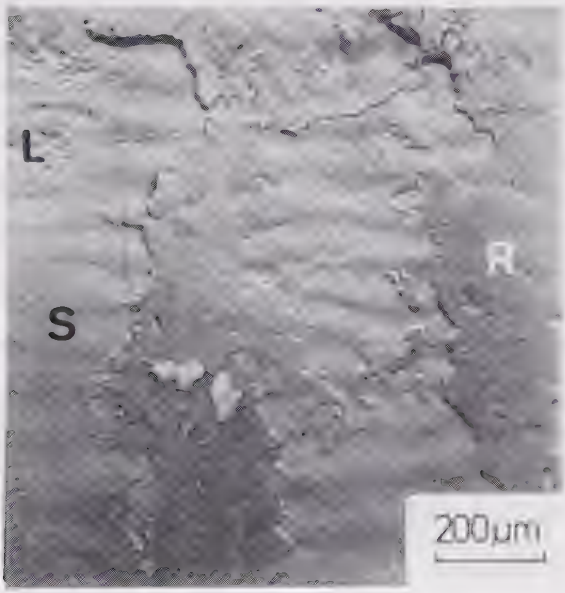


Abb. 81: REM-Aufnahme

450-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

R: flächenhafte Restauflagerungen
mit dünn auslaufenden, teilweise
verschmierten Rändern

S: intakte "saubere" Schmelzoberfläche

Abb. 82: REM-Aufnahme

500-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Restauflagerungen im Bereich der
Schmelz-Zement-Grenze

S: Schmelz

Z: Zement

Abb. 81

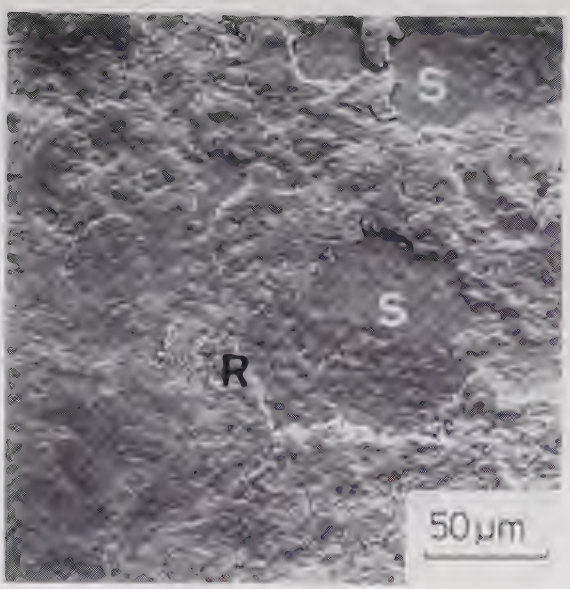


Abb. 82

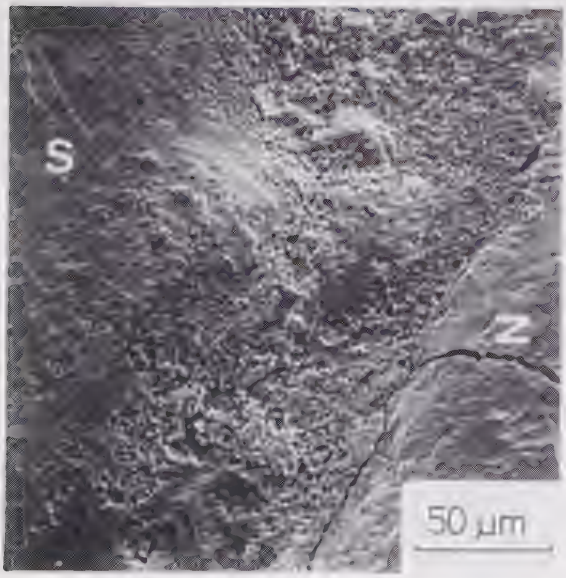


Abb. 83: REM-Aufnahme

500-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Restauflagerungen im Bereich der
Schmelz-Zement-Grenze

S: Schmelz

Z: Zement

L: lokale Läsion an der Schmelz-Zement-
Grenze und im Schmelz

Abb. 84: REM-Aufnahme

50-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

S: Schmelzoberfläche mit flachen
Restauflagerungen

Z: Zementoberfläche

R: Restauflagerung über der
Schmelz-Zement-Grenze

↑: Beachte den flachen Übergang
in Arbeitsrichtung: klinisch
mit Sonde nicht tastbar

Abb. 83

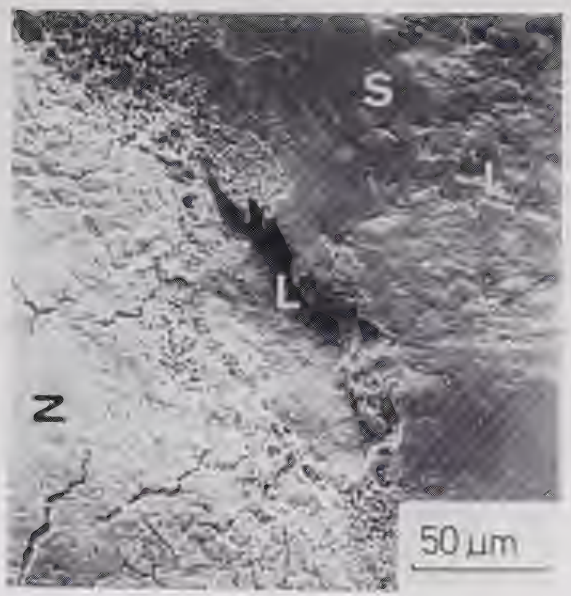


Abb. 84

Abb. 85: REM-Aufnahme

20-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Prämolar

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7 und Interdentalmeißel H 4 in vivo

S: Schmelzoberfläche mit geringen Läsionen und Restauflagerungen

Z: Zement mit deutlichen Instrumentenspuren

R: Restauflagerung an der Schmelz-Zement-Grenze mit flach auslaufenden Rändern

O: Orientierungshilfe

Abb. 85

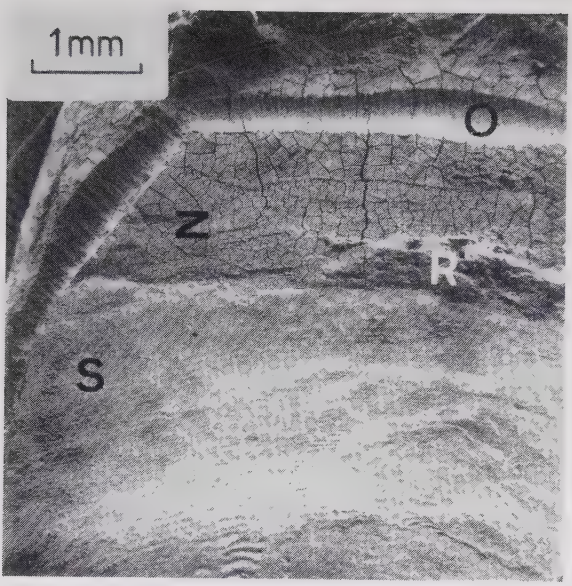


Abb. 86: REM-Aufnahme

1000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

↑: Restauflagerung in den natürlichen
Vertiefungen der Wurzeloberfläche

Abb. 87: REM-Aufnahme

160-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

flächenhafte Restauflagerungen
im Zement

Abb. 88: REM-Aufnahme

1000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Detailaufnahme aus Abb. 87

"saubere", geglättete Oberfläche
der Restauflagerungen im Zement

Abb. 86

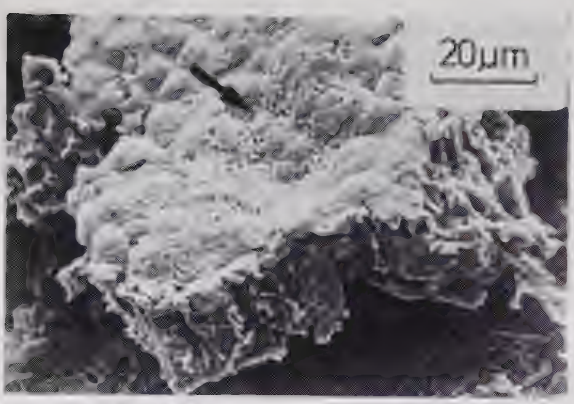


Abb. 87

Abb. 88

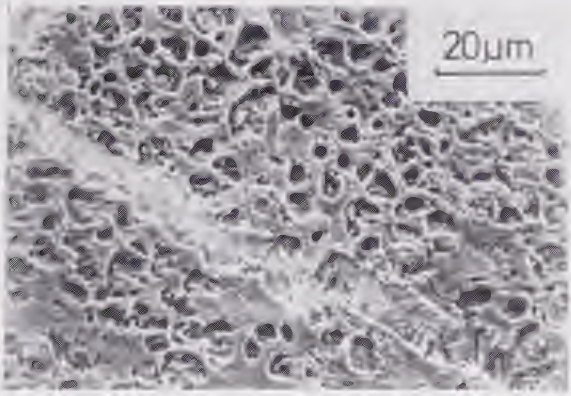


Abb. 89: REM-Aufnahme
500-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Z: Zementoberfläche

R: Restauflagerung

V: Vertiefungen der Wurzeloberfläche

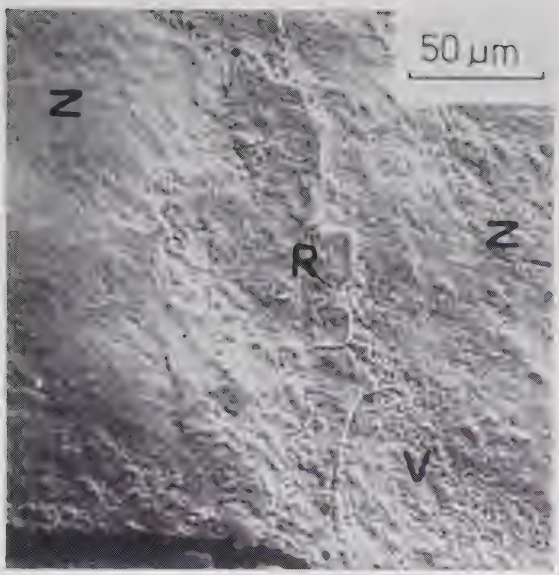
Abb. 90: REM-Aufnahme
1000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Z: Zementoberfläche

R: Restauflagerungen in den
Vertiefungen der Wurzeloberfläche


50 µm
Z
R
Z
V

R
Z
R
20 µm

Abb. 91: REM-Aufnahme

5000-fache Vergrößerung

Zahn: oberer Molar distal

Bearbeitung mit Sonus II/
Instrumenteneinsatz Nr. 4

Oberflächenstruktur von Auflagerungen
(Mineralisationsgerüst)

Abb. 92: REM-Aufnahme

2000-fache Vergrößerung

Zahn: unterer Schneidezahn mesial

Bearbeitung mit Scaler H 6 / H 7

Oberflächenstruktur von Auflagerungen
(Mineralisationsgerüst)

Abb. 91

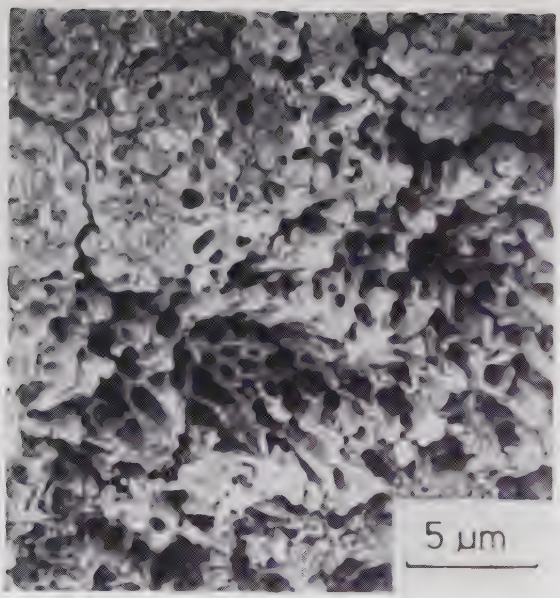
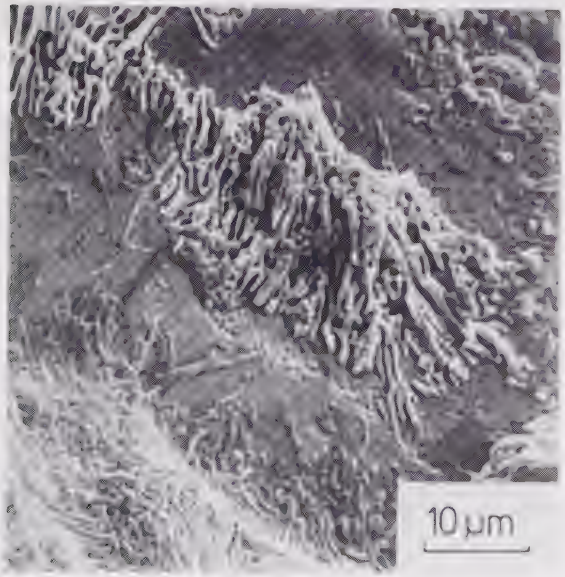


Abb. 92



6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Akkumulation von Plaque an Zahnhartsubstanzen führt zu Karies und parodontalen Erkrankungen. Deshalb werden aus prophylaktischen Gründen möglichst glatte Zahnoberflächen angestrebt, um die Anlagerung der Plaque weitgehend zu erschweren. Hierbei kommt der Beseitigung von Zahnstein und Konkrementen primäre Bedeutung zu. Mit dieser Maßnahme sollen die Auflagerungen restlos entfernt, die Schmelz- und Zementoberfläche jedoch geschont, bzw. geglättet werden.

In der vorliegenden Arbeit haben wir die Beschaffenheit der Zahnoberflächen nach instrumenteller Zahnreinigung ohne anschließende Politur untersucht. Um den schädigenden Einfluß der Instrumente auf ein Minimum zu reduzieren, gingen wir von den Erkenntnissen vorausgegangener Studien (MAYER et al. 1978) aus:

1. Anwendung geringstmöglicher Anpreßkräfte
2. flache Instrumentenführung
3. keine zeitliche Limitierung.

Hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit besteht keine einheitliche Auffassung in der Literatur. Dies dürfte unter anderem auch auf die Methode der Oberflächenuntersuchung zurückzuführen sein. Für uns ist die Rasterelektronenmikroskopie die Methode der Wahl, da sie entscheidende Vorteile gegenüber anderen Techniken besitzt.

Durch die direkte Beurteilung der Oberfläche im Rasterelektronenmikroskop entfallen Ungenauigkeiten beim Abdruck und Artefaktbildungen, wie sie bei der von KRÖNCKE (1964), SCHULTZE-GLÄSNER (1968) und

SEYDEL (1962) angewandten Replica-Technik auftreten können. Darüberhinaus kann mit dieser Methode, ebenso wie bei der Oberflächenuntersuchung mit Profilometern, nicht entschieden werden, ob die Zahnoberfläche frei von Restauflagerungen ist.

DIEDRICH et al. (1975), KRÖNCKE (1964) und SEYDEL (1962) werteten Profilogramme aus, die genauen Aufschluß über die Tiefe von Läsionen geben. Einen Nachteil sehen wir darin, daß nur eine bestimmte Strecke abgetastet werden kann, wodurch keine Übersicht erzielt wird.
BELTING und SPJUT (1964) und SPRANGER (1968) fertigten Dünnschliffe bzw. Serienschnitte an, um das Ausmaß der Defekte zu beurteilen. Auch mit dieser Methode scheint uns der Zusammenhang verloren zu gehen.

Anders bei der Rasterelektronenmikroskopie. Hier können die Zahnoberflächen zunächst in einer Übersichtsvergrößerung und interessante Details in höheren Vergrößerungen beurteilt werden. Weitere wesentliche Vorteile des Rasterelektronenmikroskopes liegen in der Darstellung räumlicher Strukturen und in der hohen Schärfentiefe gegenüber dem Licht- und auch dem Durchstrahlungselektronenmikroskop.

Die bei der Dehydratation im Vakuum entstandene Rißbildung im Wurzelzement hat sich für die Beurteilung nicht nachteilig ausgewirkt.
LIE und MEYER (1977) sehen darin sogar eine Hilfe, Zahnstein und Dentin vom Zement zu unterscheiden. Eine solche Differenzierung gelang uns jedoch auch mittels höherer Vergrößerungen.
LIE und MEYER (1977) verwendeten neben dem Rasterelektronenmikroskop auch Profilometer, um die Läsionstiefe genau zu bestimmen. Wir verzichteten darauf,

da wir uns der Meinung von MIERAU et al. (1978) und SELVIG (1970) anschließen, daß jede Rauhigkeit Ansatzmöglichkeiten für Plaque bietet.

Bei fast allen von uns untersuchten Zähnen fanden wir oberflächliche Läsionen. Das Ausmaß war unterschiedlich und reichte von geringfügigen, lokalen Läsionen bis zu flächenhaften Abtragungen.
Damit bestätigen unsere Ergebnisse die Untersuchungen von JONES et al. (1972) und MAYER et al. (1978), die feststellen, daß mit jeder instrumentellen Zahnreinigung oberflächliche Läsionen entstehen können.

Bei unseren Darstellungen von unbearbeiteten Zähnen wurde die feste Verbindung des Zahnsteins und der Konkremente mit der Zahnoberfläche sichtbar. RIETHE (1969) und SELVIG (1970) beschrieben die Befestigung durch Eindringen der Zahnsteinmatrix in den Zement bzw. zwischen die Schmelzkristalle. Daraus kann gefolgert werden, daß eine vollständige Beseitigung der Auflagerungen immer mit Zahnhartsubstanzverlust einhergeht.

Die von uns häufig beobachteten lokalen oberflächlichen Läsionen entstehen durch Absprengungen. Diese werden durch die hohen Drucke verursacht, die an den kleinflächigen Kontaktstellen der Zahnoberfläche mit dem Instrument entstehen.
Zur Beseitigung der Auflagerungen muß das Arbeitsende des Scalers am Unterrand angesetzt werden. Durch die Erhöhung der Zugkraft in Richtung coronal wird die Auflagerung abgesprengt. Die Arbeitskante hakt aber auch an prominenten Punkten der Zahnoberfläche unter. Auf diese Weise wird Zahnhartsubstanz abgelöst.
Ultraschallgeräte arbeiten von coronal nach apikal.

Die Lage der für die Ultraschallzahnreinigung typischen hufeisenförmigen Läsionen läßt ebenfalls auf die Absprengung prominenter Stellen (z.B. Perikymatien) durch die "Mikrohämmerung" des Instrumenteneinsatzes schließen. Wir vermuten auch einen Zusammenhang zwischen der Schwingungsamplitude der Ultraschalleinsatzspitze und den entstehenden oberflächlichen Läsionen. Möglicherweise lassen sich damit die von HÜTTEMANN (1976) beschriebenen unterschiedlichen Rauhtiefen bei Verwendung verschiedener Ultraschallgeräte erklären.

In diesem Rahmen können wir die Untersuchungen von DIEDRICH et al. (1975) bestätigen. Die scharfkantigen Läsionsränder stellen ihrerseits wieder neue Ansatzmöglichkeiten für die Instrumente dar. Auf diese Weise entsteht ein circulus vitiosus, der bei andauerndem und intensivem Bearbeiten zur flächenhaften Abtragung von Zahnhartsubstanzen führen kann.

In der Hauptsache konnten wir im Schmelz oberflächliche Läsionen mit unterschiedlichen flächenhaften Ausdehnungen beobachten. Bei der annähernd gleichen Tiefe dieser Defekte drängt sich der Gedanke an den Verlust einer Oberflächenschicht auf. BAUD und LOBJOIE (1965) beschreiben eine 50 bis 100 µm dicke "Schmelzschale", die härter als der übrige Schmelz ist. Auch in der Kariesforschung wird eine 30 bis 100 µm dicke Außenschicht mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften diskutiert, die sich wie folgt von den darunterliegenden Schmelzlagen unterscheidet:

- radioopaker (THEWLIS 1934)
- größere Härte (GUSTAFSON 1957)
- unterschiedliche Elementkonzentrationen (SUGA 1968 und 1970)

- höherer Fluoridgehalt (NEWESELY 1966)
- erhöhter elektrischer Widerstand (MURAKAMI 1971)
  (alle Autoren in SAUERWEIN: Kariologie 1974
  Seite 68-69 und 224-228).

Bei Ultraschallzahnreinigungen treten nach HÜTTEMANN (1976) und SPRANGER (1968) an vorgeschädigtem Schmelz ausgeprägtere Schäden auf. Wir konnten an einem Kreidefleck und an Schmelzrissen ebenfalls verstärkt Läsionen feststellen. GÜLZOW (1965) fand unter grünen Belägen demineralisierten Schmelz.
Nach MAYER et al. (1978) stellt auch die Schmelz-Zement-Grenze eine potentielle Schwachstelle dar. Dieser Aussage stimmen wir zu; darüberhinaus können wir ergänzen, daß die Form der Läsion vom Verlauf der Perikymatien bestimmt wird.
DIEDRICH et al. (1975), JONES et al. (1972), MAYER et al. (1978) und SPRANGER (1968) berichten übereinstimmend von beträchtlichen Schäden mit tiefen Kratzspuren, Rillen und Gräben, die insbesondere bei Anwendung von hohen Anpreßdrucken und falscher Instrumentenführung auftreten. Abgesehen von Riefen in Wurzeleinziehungen, die auf Einsatz der Scalerspitze zurückgehen, konnten wir durch unsere eingangs aufgestellten Arbeitsbedingungen gravierende Schäden weitgehend vermeiden.

Im Zement waren verhältnismäßig größere Läsionen anzutreffen. Dabei fielen häufig stufenförmige Defektränder auf, die auf eine schichtenweise Abtragung deuten. Sowohl bei Hand- als auch bei Ultraschallreinigung können diese bis ins Dentin reichen.

Im Gegensatz dazu stellen DIEDRICH et al. (1975) und SPRANGER (1968) bei richtiger Instrumentenführung und Anwendung leichter Anpreßkräfte keine signifikanten Veränderungen der Wurzeloberfläche nach Ultraschallreinigung fest. Auch PAMEIJER et al. (1972) bevorzugen

Ultraschallinstrumente, da die Wurzeloberfläche sauber und praktisch unbeschädigt bleiben soll, während nach seiner Meinung mit Handinstrumenten Zahnhartsubstanzen abgetragen werden.
BELTING und SPJUT (1964), EWEN et al. (1977), JONES et al. (1972) und MEYER und LIE (1977) können keine Unterschiede zwischen den beiden Instrumenten bezüglich der Zahnhartsubstanzläsionen erkennen.

Wir führen das unterschiedliche Ausmaß der Läsionen in unserer Untersuchung zurück auf:

1. die verschiedenen Befestigungsarten der Auflagerungen (je intensiver die Haftung, desto länger die Bearbeitungsdauer)
2. die Lokalisation und Ausdehnung der Auflagerungen (stärkere Veränderungen bei den zuvor mit Zahnstein und/oder Konkrementen bedeckten Zahnhartsubstanzen, da diese Flächen vorwiegend der Einwirkung der Instrumente ausgesetzt sind)
3. die unterschiedlichen anatomischen und pathologisch veränderten Zahnoberflächen (Perikymatienmuster, Ausprägung der Schmelz-Zement-Grenze, Strukturanomalien, Mineralisationsgrad, Prismenauflockerung (HÜTTEMANN 1976), Wurzeleinziehungen und -teilungen, Resorptionslakunen, kariöse Defekte, frühere Läsionen, u.ä.)
4. unvermeidbare Anwendungsfehler der Instrumente (geringfügige Kippungen, leichtes Verkanten, Abgleiten).

Die bei einer instrumentellen Zahnreinigung entstandenen Schmelzläsionen haben eine rauhe Oberfläche. Diese wird durch weiteres Bearbeiten mit den Instrumenten nicht geglättet, da höchstens oberflächliche

Bruchspitzen (entstanden bei der Absprengung) abgetragen werden; zusätzlich ist die Gefahr der Vergrösserung der Defekte gegeben.
Ein Glättungseffekt im Schmelz kann nur von einer Politur erwartet werden (MÜLLER 1980).
Große Teile des Wurzelzements sind in vivo einer Politur jedoch nicht zugänglich (tiefe Zahnfleischtaschen, Wurzeleinziehungen, Interdentalräume). Da hier nur eine instrumentelle Verbesserung der Oberfläche erfolgen kann, sollte diese deshalb möglichst optimal sein. Diese kann mit Handinstrumenten, nicht jedoch mit Ultraschallgeräten durchgeführt werden.

Unsere Untersuchungen stehen im Einklang mit denen von BELTING und SPJUT (1964), DIEDRICH et al. (1975), JONES et al. (1972), KERRY (1967), SCHAFFER (1967) und WILKINSON et al. (1973).

Anhand einer sehr glatten Instrumentenspur konnten wir den Glättungseffekt der Handinstrumente mittels Abtragung zeigen. Aus diesem Grunde fordern auch DIEDRICH et al. (1975), SCHAFFER (1967) und WILKINSON et al. (1973) ultraschallgereinigte Wurzeloberflächen mit Handinstrumenten nachzuarbeiten.

Je flächenhaft ausgedehnter und je tiefer die Abtragungen waren, desto unregelmäßiger wurde die Oberfläche und desto weniger ausgeprägt war die "Glättung". Hinzu kamen wiederum technische Schwierigkeiten in Wurzeleinziehungen und an der Schmelz-Zement-Grenze (Hobelspanbildung).

Wir bestätigen die Untersuchungsergebnisse von JONES et al. (1972) und SELVIG (1970), daß selbst bei "glatten" Zahnoberflächen mikroskopische Unregelmäßigkeiten auftreten. Einerseits konnten wir Schollenbildungen, Risse, Resorptionslakunen und kleinere

Läsionen zeigen, die von der klinischen Kontrolle nicht erfaßt wurden; andererseits bieten sie genügend Platz zur Ansiedlung von Mikroorganismen.

Die Effektivität einer Glättung sehen wir darin, mechanische Reizfaktoren auszuschalten und eine Oberfläche zu schaffen, die durch die häusliche Mundhygiene möglichst frei von Plaqueansammlungen gehalten werden kann.

Trotz der sorgfältigen visuellen und klinischen Kontrolle mit einer Sonde war das Ausmaß der Restauflagerungen auf den behandelten Zahnoberflächen überraschend groß. Diese Feststellung stimmt auch mit den Ergebnissen von JONES et al. (1972) überein. Die Restauflagerungen befinden sich hauptsächlich in Vertiefungen, die vom bearbeitenden Instrument nicht erreicht werden können, ohne die umgebenden Zahnhartsubstanzen mitabzutragen.

Wie JONES et al. (1972), STEWART et al. (1971), SUPPIPAT (1974) und WILKINSON et al. (1973) konnten wir keinen Unterschied zwischen Hand- und Ultraschallinstrumenten hinsichtlich der Restauflagerungen feststellen. Dagegen erzielen LIE und MEYER (1977) mit Handinstrumenten bessere Ergebnisse. Sie führen das gute Tastvermögen und die zierliche Form der Handinstrumente als Gründe dafür an. Ebenso halten sie es für möglich, daß die Mikrohämmerung des Ultraschallinstruments nicht alle Bereiche erfassen kann.
Häufig werden die Auflagerungen so abgeschert, daß die zurückbelassenen Reste flach auslaufen und nicht mehr getastet werden können. Diese flachen Übergänge kommen bevorzugt in Arbeitsrichtung des Instruments vor.

Wir haben an vorher genau festgelegten Oberflächen ganz gezielt unter einem Mikroskop das Tastvermögen mit einer Sonde geprüft. Dabei mußten wir feststellen, daß sehr häufig zwar gewisse Rauhigkeiten tastbar waren, jedoch nicht unterschieden werden konnte, ob es sich um die Oberfläche von beschädigten Zahnhartsubstanzen, die Wurzeloberfläche oder um Restauflagerungen handelte. Lediglich intakte Schmelzoberflächen waren deutlich glatter.
Oft lassen sich die Übergänge von Auflagerungen zur Zahnoberfläche ebenfalls nur als Rauhigkeit fühlen. Durch den Druck der Instrumente (häufiger beim Scaler der Fall) können die Oberflächen der Restauflagerungen geglättet werden; dies erschwert zusätzlich die Kontrolle. Selbst wenn diese Übergänge mit der Sonde getastet und auch als solche erkannt werden, bleibt die Schwierigkeit, sie mit den Zahnsteinentfernungsinstrumenten zu erfassen und zu beseitigen. Darüberhinaus müßte die ganze Zahnoberfläche vollständig abgetastet werden, um auch kleine Inseln von Restauflagerungen festzustellen.

Zudem erschweren natürliche und pathologische Ungleichmäßigkeiten, sowie der Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze in seinen vielfältigen Variationen die Kontrolle.

Die vorliegenden Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen, daß trotz sorgfältiger und korrekter Anwendung der Instrumente bei jeder Zahnreinigung Zahnhartsubstanzen geschädigt werden können. Da auch chemische Zahnreinigungslösungen gegenwärtig noch keine Alternative darstellen (POTHMANN und WEISSGÄRBER 1975) müssen Auflagerungen weiterhin auf herkömmliche Weise entfernt werden. Aus diesem Grunde scheint uns neben den von MAYER et al. (1978) erhobenen und von uns berücksichtigten Forderungen bei der Zahnreinigung folgendes Vorgehen empfehlenswert:

1. Verwendung eines Ultraschallgerätes zur raschen und groben Depuration
2. Nachbehandlung mit grazilen Handinstrumenten, die möglichst der Zahngröße angepaßt sein sollten, d.h. der Krümmungsradius des Instruments darf nicht kleiner sein als der des Zahnes.

Die Verwendung der oben erwähnten grazilen Handinstrumente gewährleistet ein hohes Tastgefühl. Auf diese Weise können Restauflagerungen beseitigt und die Wurzeloberfläche "geglättet" werden; gleichzeitig ist eine gewisse Kontrolle möglich.

Durch die gegensätzliche Arbeitsrichtung der beiden Instrumente können vermehrt Restauflagerungen entfernt werden (unterschiedliche Ansatzmöglichkeiten).

Da unsere Versuche in vitro durchgeführt wurden, müssen unter den erschwerten Bedingungen im Munde des Patienten schlechtere Ergebnisse erwartet werden.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit haben wir die Beschaffenheit der Zahnoberfläche nach instrumenteller Zahnreinigung rasterelektronenmikroskopisch untersucht. Unter sorgfältiger Beachtung der Gebrauchshinweise verwendeten wir:

1. Handinstrumente des Ash-Satzes: Scaler H 6 / H 7 und Interdentalmeißel H 4
2. Ultraschallzahnreinigungsgerät Sonus II mit dem Universaleinsatz Nr. 4.

Alle Maßnahmen wurden ohne Zeitbegrenzung mit geringstmöglichem Anpreßdruck und möglichst flacher Instrumentenführung durchgeführt. Ziel war eine glatte Oberfläche, frei von Läsionen und Restauflagerungen.

Die Resultate zeigen, daß mit jeder instrumentellen Zahnreinigung oberflächliche Läsionen zustande kommen können. Das Ausmaß wird unserer Meinung nach von

1. der Befestigungsart des Zahnsteins und der Konkremente
2. der Ausdehnung und Lokalisation der Auflagerungen
3. der Beschaffenheit der darunterliegenden Zahnhartsubstanz
4. Anwendungsfehlern der Instrumente

bestimmt.

Während eine wirkungsvolle Glättung im Schmelz nicht mit den von uns verwendeten Instrumenten möglich war, konnte die Wurzeloberfläche durch Abtragen von Zement mit Handinstrumenten verbessert werden.

Jedoch waren mikroskopisch auch bei "glatten" Zahnoberflächen Unregelmäßigkeiten sichtbar.
Der Glättungseffekt nahm mit zunehmender Zementabtragung ab.
Überraschend häufig wurden Restauflagerungen, hauptsächlich in Oberflächenvertiefungen, sowie an der Schmelz-Zement-Grenze angetroffen.

Grundsätzlich konnten im Rasterelektronenmikroskop wesentlich mehr Läsionen und Restauflagerungen erkannt werden, als dies durch die Kontrolle mit der Sonde und dem unbewaffneten Auge möglich war.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ANTONINI, Ch.J., BRADY, J.M., LEVIN, M.P. und GARCIA, W.L.
   Scanning Electron Microskope Study of Scalers
   J. Periodont. 48, 45 (1977)

2. BARNES, J.E. und SCHAFFER, E.M.
   Subgingival Root Planing: A Comparison Using Files, Hoes and Curettes
   J. Periodont. 31, 300 (1960)

3. BARNES, G.P., STOOKEY, G.K. und MUHLER, J.C.:
   In Vitro Studies of the Calculus-Inhibiting Properties of Tooth Surface Polishing Agents and Chelating Agents
   J. dent. Res. 50, 2, 966 (1971)

4. BARONE, J.P. und NANCOLLAS, G.H.
   The Seeded Growth of Calcium Phosphates
   The Kinetics of Growth of Dicalcium Phosphate Dihydrate on Enamel, Dentin and Calculus
   J. dent. Res. 57, 153 (1978)

5. BAUMHAMMERS, A., CONWAY, J.C., SALTZBERG, D. und MATTA, R.K.
   Scanning Electron Microscopy of Supragingival Calculus
   J. Periodont. 44, 92 (1973)

6. BELTING, Ch.M. und SPJUT, Ph.J.
   Effects of high-speed periodontal instruments on the root surface during subgingival calculus removal
   J. Amer. dent. Ass. 69, 578 (1964)

7. BLAKE, G.C. und TROTT, J.R.
   Periodontology
   Butterworths London 1962

8. BÖSSMANN, K. und HOPPE, W.F.
   Über die Art und Menge der Bakterien in verschiedenen Lagen der Schmelzdeckschicht menschlicher Zähne
   Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 409 (1967)

9. BRADY, J.M.
A Plaque-Free Zone on Human Teeth - Scanning and Transmission Electron Microscopy
J. Periodont. 44, 416 (1973)

10. CHACE, R.
Methods and Values of Tooth Planing in Periodontal Therapy
J. Periodont. 32, 233 (1961)

11. CHAWLA, T.N., NANDA, R.S. und KAPOOR, K.K.
Dental Prophylaxis Procedures in Control of Periodontal Disease in Lucknow (Rural) India
J. Periodont. 46, 498 (1975)

12. DIEDRICH, P., VAHL, J., BOMFLEUR, W. und MUTSCHELKNAUSS, R.
Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Wurzeloberfläche nach Anwendung verschiedener Hand- und Ultraschallinstrumente
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 396 (1975)

13. DINGES, G., JOCHUM, Ch. und PANTKE, H.
Die Auswertung verschiedener Ultraschall-Zahnreinigungsgeräte auf zahnärztliche Füllungsmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 496 (1979)

14. DONZÉ, Y., KRÜGER, G., KETTERL, W. und RATEITSCHAK, K.H.
Treatment of Gingivitis with Cavitron or Handinstruments
A Comparative Study
Helv. odont. Acta 17, 31 (1973)

15. EINFELDT, H.
Realistische Parodontologie
Zahnärztl. Mitt. 18, 1079 (1979)

16. EINFELDT, H.
Zur Hygiene des Interdentalraumes
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 490 (1970)

17. EWEN, S.J.
Devices for calculus removal
J. Amer. dent. Ass. 78, 795 (1969)

18. EWEN, S.J. und GWINNETT, A.J.
A Scanning Electron Microscopic Study of Teeth following Periodontal Instrumentation
J. Periodont. 45, 92 (1977)

19. FRÖHLICH, E.
Die Bedeutung der peripheren Durchblutung des Parodontiums für die Entstehung und Therapie der Zahnbetterkrankungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 153 (1964)

20. FROMME, H.G., RIEDEL, H. und VAHL, J.
Beobachtungen zum Gefügeaufbau der Zahnhartsubstanzen mit Hilfe des Raster-Elektronen-Auflichtmikroskopes
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 395 (1967)

21. GREEN, E.
Root Planing with Dull and Sharp Curettes
J. Periodont. 39, 42 (1968)

22. GÜLZOW, H.J.
Schwarze und grüne Zahnbeläge Untersuchungen über ihre Häufigkeit und über ihre Beziehungen zur Kariesfrequenz
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 1370 (1963)

23. GÜLZOW, H.J.
Schwarze und grüne Zahnbeläge Untersuchungen über ihre Beziehungen zum marginalen Parodontium und zur Mundhygiene
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 267 (1965)

24. HEPBURN, Chr.
Grundlegendes zur Konkremententfernung und Kürettage
In: Schug-Kösters, M., Ring, A., Ketterl, W. und Hepburn, Chr., Einführung in die Behandlung der marginalen Parodontopathien
Schriften zur Praxis des Zahnarztes, Band 1, Werkverlag Dr. Edmund Banaschewski 1963

25. HÜTTEMANN, R.W. Untersuchungen über die Oberflächenstruktur des Zahnschmelzes nach Einwirkung von Ultraschall Med. Diss. Gießen 1976

26. JACOBSON, L. Ultrasonic scaling Aust. dent. J. 19, (6) 379 (1974)

27. JONES, S.J. The tooth surface in periodontal disease Dent. Practit. 22, 462 (1972)

28. JONES, S.J., LOZDAN, J. und BOYDE, A. Tooth surfaces treated in situ with periodontal instruments Scanning Electron Microscopic Studies Brit. dent. J. 132, 57 (1972)

29. KETTERL, W. Neue Untersuchungen zur Konkremententfernung und Curettage Öst. Z. Stomat. 69, (7), 242 (1972)

30. KERRY, G.J. Roughness of Root Surfaces After Use of Ultrasonic Instruments and Hand Curettes J. Periodont. 38. 340 (1967)

31. KLEIN, J. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über die Mikromorphologie verschiedener Composites nach unterschiedlicher Oberflächenbearbeitung Med. Diss. Bonn 1976

32. KRÖNCKE, A. Oberflächenuntersuchungen über die Wirkung und Wirksamkeit verschiedener zur Glättung der Wurzelflächen anwendbarer Instrumente Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 1041 (1964)

33. KRÖNCKE, A.
Perikymatien
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 1397 (1966)

34. LÄSSIG, H.E. und LEIDIG, A.
REM- und Hommel-Tester-Untersuchung der Zahnschmelzoberflächen nach Entfernung von Konkrementen mit zwei verschiedenen Scalern
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 955 (1976)

35. LIE, T. und MEYER, K.
Calculus removal and loss of tooth substance in response to different periodontal instruments
A scanning electron microscope study
J. Clin. Periodont. 4, 250 (1977)

36. LUZ, G.
Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Politurverfahren auf Oberfläche und Randschluß von Amalgamfüllungen
Med. Diss. Tübingen 1963

37. MAYER, R., WIELAND, D. und HEMLEBEN, Chr.
Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Zahnoberfläche
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 599 (1978)

38. MEYER, K. und LIE, T.
Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy
J. Clin. Periodont. 4, 77 (1977)

39. MIERAU, H.D. und SINGER, D.
Reproduzierbarkeit der Plaquebildung im dentogingivalen Bereich
(3. Mitteilung)
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 566 (1978)

40. MOSKOW, B.S., RIDGEWOOD, N.J., BRESSMAN, E. und MILLBURN, N.J.
Cemental Response to ultrasonic and hand instrumentation
J. Amer. dent. Ass. 68, (1969)

41. MÜHLEMANN, H.R.
Der marginale Parodontalinfekt
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 36 (1970)

42. MÜLLER, H.
Glättung und Politur von Zahnhartsubstanzen nach instrumenteller Entfernung von Zahnstein und Konkrementen - Eine rasterelektronenmikroskopische Studie
Med. Diss. Tübingen 1980

43. OHNESORGE, J., HOLM, R. und PFEFFERKORN, F.G.
Rasterelektronenmikroskopie
Eine Einführung für Mediziner und Biologen
2. überarbeitete und erweiterte Auflage
Georg Thieme, Stuttgart 1978

44. PAMEIJER, C.H., STALLARD, R.E. und HIEP, N.
Surface Characteristics of Teeth Following Periodontal Instrumentation: A Scanning Electron Microscope Study
J. Periodont. 43, 628 (1972)

45. POTHMANN, C. und WEISSGÄRBER, W.
Sind chemische Zahnsteinentfernungsmittel zur Therapie geeignet?
Zahnärztl. Welt 84, 818 (1975)

46. RATEITSCHAK, K.H.
Ziele und Wege der Lokalbehandlung
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 137 (1973)

47. RATEITSCHAK, K.H., RENGGLI, H.H. und MÜHLEMANN, H.R.
Parodontologie
2. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage
G. Thieme, Stuttgart 1978

48. RIETHE, P. Plaques und Zahnstein in ihren Beziehungen zum marginalen Parodontium Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 915 (1969)

49. SAUERWEIN, E. Kariologie G. Thieme, Stuttgart 1974

50. SAXER, U.P. Orale Fluorclearance nach Applikation fluorhaltiger Zahnreinigungspasten oder Benetzungslösung Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 237 (1970)

51. SCHAFFER, E.M. Periodontal instrumentation: scaling and root planing Int. dent. J. 17, 297 (1967)

52. SCHRÖDER, H.J. Untersuchungen des Randes von Füllungen aus plastischem Material nach Einwirkung von Ultraschall Med. Diss. Gießen 1977

53. SCHRÖDER, H.E., SCHAIT, A. und MÜHLEMANN, H.R. Frühstadien der Zahnsteinbildung und ihre chemische Beeinflussung Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1606 (1962)

54. SCHULTE, W. Die Indikationsgrenzen der systematischen Parodontose-Behandlung unter Berücksichtigung interner Faktoren Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 41 (1966)

55. SCHULTE, W. Ätiologie der Parodontopatien Stellung und Bewertung der endogenen Faktoren Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 1154 (1973)

56. SCHULTZE-GLÄSNER, M. Oberflächenuntersuchungen an extrahierten Zähnen und am Patienten vor und nach instrumenteller Entfernung von Zahnstein und Konkrementen Med. Diss. Mainz 1968

57. SELVIG, K.A. — Attachment of plaque and calculus to tooth surfaces J. periodont. Res. 5, 19 (1970)

58. SEYDEL, A. — Untersuchungen über Oberflächen von Zahnwurzeln nach instrumenteller Entfernung von Konkrementen Med. Diss. Tübingen 1962

59. SINGER, B. — Die orale Physiotherapie und ihre Bedeutung in der täglichen Praxis Zahnärztl. Welt 81, 1137 (1972)

60. SPRANGER, H. — Ultraschall in der Parodontaltherapie Seine Wirkungen auf den menschlichen Zahn Med. Diss. Berlin 1968

61. SPRANGER, H. — Gegenüberstellung verschiedener Ultraschallgeräte zur Zahnsteinentfernung Zahnärztl. Welt 85, 113 (1976)

62. SPRANGER, H. und HEIM, G. — Untersuchungen über die Wirkungen des Ultraschalles bei seiner parodontalprophylaktischen Verwendung Stoma 22, 208 (1969)

63. STAHL, S.S., WEINER, J.M., BENJAMIN, S. und YAMADA, L. — Soft Tissue Healing Following Curettage and Root Planing J. Periodont. 42, 678 (1971)

64. STEWART, J.L., BRIGGS, R.L., DRISKO, R.R. und JAMISON, H.C. — Relative calculus and tooth structure loss with use of power-driven scaling instruments J. Amer. dent. Ass. 83, 840 (1971)

65. SUPPIPAT, N. Ultrasonics in periodontics J. Clin. Periodont. 1, 206 (1974)

66. WAERHAUG, J. Effect of rough surfaces upon gingival tissue J. dent. Res. 35, 323 (1956)

67. WIEDEMANN, W., GABRIEL, E. und KLINGER, H.G. Vergleichende Untersuchungen der Zahnsteinhärte nach Anwendung von zwei Zahnpasten Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 350 (1979)

68. WILKINSON, R.F. und MAYBURY, J.E. Scanning Electron Microscopy of the Root Surface Following Instrumentation J. Periodont. 44, 559 (1973)

69. WOODRUFF, H.C., LEVIN, M.P. und BRADY, J.M. The Effects of Two Ultrasonic Instruments on Root Surfaces J. Periodont. 46, 119 (1975)

70. ZAMPA, S.T. und GREEN, E. Effect of Polishing Agents on Root Roughness J. Periodont. 43, 125 (1972)

71. ZINNER, D.D. Recent ultrasonic dental studies including periodontia without the use of an abrasive J. dent. Res. 34, 748 (1955)

Zum Schluß der Arbeit bedanke ich mich herzlich bei Herrn Professor Dr. R. Mayer für die Überlassung des Themas, die freundliche Unterstützung, die Korrektur des Manuskriptes sowie für die Berichterstattung.

LEBENSLAUF

Am 2. November 1950	wurde ich, Karl, Johann Nowy als Sohn des Schreiners Karl Nowy und seiner Ehefrau Marie, geb. Kalz, in Augsburg geboren.
Von 1957 bis 1963	war ich Schüler der Knabenvolksschule in Friedberg.
Von 1963 bis 1967	besuchte ich die Realschule in Friedberg.
Von 1967 bis 1970	erlernte ich den Beruf des Elektromechanikers.
Von 1970 bis 1973	besuchte ich das Bayernkolleg in Augsburg, wo ich
am 23. März 1973	die Reifeprüfung bestand.
Von 1973 bis 1974	studierte ich zwei Semester Mathematik/Physik in München und begann
im SS 1974	das Studium der Zahnheilkunde in Tübingen, wo ich
am 13. März 1975	die naturwissenschaftliche Vorprüfung ablegte,
am 12. Oktober 1976	die zahnärztliche Vorprüfung bestand und
am 13. Juni 1979	die zahnärztliche Ausbildung mit dem Staatsexamen abschloß.
Am 28. Juli 1979	erhielt ich die Bestallung als Zahnarzt und bin
seit Januar 1980	als Assistenzzahnarzt in Karlsruhe tätig.